14

XX CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL



SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

EDITADO POR
EDUARDO J. GUZMÁN

TOMO I

AFRICA

MÉXICO
1956

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

TOMO I

AFRICA

XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL



QE
1
I6
1956
Vol. 1-2

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

EDITADO POR
EDUARDO J. GUZMAN

TOMO I

AFRICA

MEXICO
1956

Impreso en los talleres de la Editorial Stylo, Durango 290, México, D. F.

SYMPOSIUM DE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

CONTENIDO

TOMO I

AFRICA

AFRICA DEL SUR (UNION OF SOUTH AFRICA)
ALGERIA (ALGÉRIE)
CAMERUN FRANCES (CAMEROUN)
CONGO BELGA (CONGO BELGE)
COSTA DE ORO (GOLD COAST)
ETIOPIA (ETHIOPIA)
GABON (AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE)
KENYA
MADAGASCAR
MARRUECOS FRANCES (MAROC FRANÇAIS)
UGANDA

Tomo II. ASIA Y OCEANIA
Tomo III. AMERICA DEL NORTE
Tomo IV. AMERICA DEL SUR Y ANTILLAS
Tomo V. EUROPA

INTRODUCCION

De acuerdo con la tradición establecida en Congresos anteriores, la Comisión Organizadora de la *XXa. Sesión del Congreso Geológico Internacional* consideró de interés reunir en un volumen las descripciones de la geología petrolera del mayor número de los países que cuentan con explotación de hidrocarburos o cuyas condiciones geológicas ofrecen posibilidades de llegar a ser países productores de petróleo o gas.

No obstante que la XVII Sesión del Congreso, reunida en Moscú en 1937, trató como uno de sus temas la geología del petróleo, el incremento de la industria petrolera desde esa época ha traído consigo un notable desarrollo en los conceptos y métodos utilizados en la exploración petrolera. La exploración petrolera es un problema esencialmente geológico, y así como la industria petrolera debe su desarrollo al avance de los conocimientos geológicos, la ciencia geológica, a su vez, tiene una gran deuda para con la industria petrolera. La realización de este Symposium debe considerarse como una contribución más de la geología a la industria petrolera, al poner en sus manos un inventario de las condiciones geológico-petroleras de los principales países productores del mundo.

No cabe la menor duda que para todos los geólogos y para todos los petroleros, este volumen constituirá durante varios años un valioso libro de consulta.

El mayor mérito del Symposium radica en que las descripciones o memorias de cada país han sido preparadas y escritas por las personas o grupos de personas que mejor conocen la geología petrolera de cada país o provincia petrolera, y, por lo tanto, abarcan una gran

amplitud de criterios y conceptos, y resumen en una sola obra el conocimiento y experiencia de numerosos geólogos petroleros del mundo.

Como invitación a colaborar en la preparación de este Symposium se envió una Primera Circular durante el mes de julio de 1955 a 373 personas o instituciones en 112 países, y una Segunda Circular, a fines de febrero de 1956, a 205 personas o instituciones en 98 países.

Hasta agosto de 1956, cuando fué necesario enviar a prensa los trabajos, se habían recibido 47 memorias correspondientes a 37 países. Se recibieron además resúmenes de 4 trabajos, cuyos textos serán presentados por sus autores durante el Congreso y serán publicados posteriormente.

El compilador y editor desea expresar un sincero agradecimiento a todos los autores de las memorias geológicas, así como a las instituciones oficiales o privadas que permitieron la publicación de estos trabajos. Mucha de la labor de edición se debe a la Editorial Stylo, y en la correción de pruebas se agradece la ayuda de Malú B. de Guzmán, Hans E. Thalmann, Jacques Butterlin, Jean Dreyffus, William E. Humphrey, Donald W. Rockwell, Robert Aldredge, N. K. Moody, Carlos Castillo T., Rodolfo Martin, Manuel Patiño, Glenn Blackledge, Camilo Cámara, Consuelo Moreno, y John M. Donna, sin cuya colaboración no hubiera sido posible terminar esta obra en tan corto plazo.

México, D. F., septiembre de 1956.

EDUARDO J. GUZMÁN.

CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL
XXa. SESIÓN.

MÉXICO, D. F., SEPTIEMBRE 4-11, 1956

México, D. F., abril de 1956.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETRÓLEO Y GAS

C I R C U L A R N U M . 1

GENERAL.—*La Comisión Organizadora de la XXa. Sesión del Congreso Geológico Internacional* que se celebrará en México en el año de 1956, ha propuesto, la preparación de un Symposium que reúna la descripción geológica, por países, de los yacimientos petroleros del mundo.

Se desea que cada país presente una memoria preparada por una o varias personas, por lo que la Comisión Organizadora envía la presente circular a diversas instituciones, organizaciones y personas de cada país, solicitándoles le presten su cooperación y designen a la persona o grupo de personas que se encargue de la memoria sobre los yacimientos de petróleo y gas del país correspondiente.

Por lo anterior, se suplica a usted comunicarse con las personas, instituciones u organizaciones de la lista adjunta (Anexo 1), a quienes ya se les ha enviado la presente circular, para ponerse de acuerdo sobre quiénes deberán encargarse de preparar la memoria de su país. En caso de haber otras personas a quienes se considere capacitadas y que se hayan omitido en la lista adjunta, se suplica a usted comunicarse con ellas, avisando al Secretario General de la XXa. Sesión a fin de enviarles la presente circular.

Se suplica a cada país dar a conocer al Secretario General de la XXa. Sesión del Congreso Geológico Internacional *antes del 1o. de Noviembre de 1955* los nombres de las personas que prepararán la Memoria correspondiente.

FORMA.—Con objeto de facilitar la preparación de la memoria para el Symposium sobre yacimientos de petróleo y gas, se recomienda que la memoria de cada país incluya la siguiente información:

1) Resumen de la Memoria. 200 palabras como máximo.
2) Distribución geográfica de las provincias petroleras. (Mapa.)
3) Descripción geológica (estratigráfica y estructural) de cada provincia. (Planos y secciones.)
4) Distribución geográfica y geológica de los yacimientos de petróleo y gas dentro de cada provincia. (Mapas.)
5) Descripción estratigráfica y estructural de los campos de cada provincia que por su magnitud o características geológicas se consideren de más importancia. (Planos y secciones.)
6) Historia y método de descubrimiento de los principales campos.

7) Desarrollo y condiciones de explotación de los principales campos.
8) Estadísticas de perforación, de exploración y explotación, producción, etc., por provincias y por país, durante los últimos 10 años. (Tablas y gráficas.)
9) Volumen de exploración petrolera por provincia o por país en los últimos 10 años. (Planos, tablas y gráficas.)
10) Reservas de petróleo y gas por campo, por provincia o por país. (Tablas y gráficas.)
11) Bibliografía.

Los trabajos deberán presentarse escritos a máquina y a renglón doble, en papel tamaño carta (28 x 21 centímetros) (11 x 8¼ pulgadas). Se suplica a los autores remitir el original y una copia de cada memoria.

Cada trabajo deberá presentarse con una lista escrita a máquina de las ilustraciones (mapas, tablas, figuras, gráficas, etc.), que lo acompañen.

ILUSTRACIONES.—Se recomienda que los mapas, secciones, tablas y gráficas que ilustren los trabajos tengan un tamaño y proporción tales que permitan su reducción a 21 x 15 centímetros (8¼ x 6 pulgadas). No se publicarán mapas a colores ni fotografías. Se solicita que todas las ilustraciones se presenten en tela y a tinta china negra, evitando las leyendas detalladas dentro de los mapas o figuras a fin de facilitar su lectura después de ser reducidos.

Se suplica incluir en cada ilustración el nombre del trabajo y del autor o autores.

IDIOMAS.—De acuerdo con el reglamento del Congreso Geológico Internacional, los trabajos que se presenten pueden redactarse en uno de los seis idiomas oficiales del Congreso; alemán, español, francés, inglés, italiano y ruso. El resumen del trabajo con una extensión no mayor de 200 palabras, deberá enviarse con una traducción al español, francés o inglés, en caso de no ser uno de éstos el idioma original.

LÍMITE DE RECEPCIÓN DE LAS MEMORIAS.—Las Memorias deberán remitirse *antes del 1o. de marzo de 1956*. Los trabajos que se reciban después de esta fecha no podrán ser incluídos en la publicación del Symposium.

CORRESPONDENCIA.—La correspondencia relacionada con el Symposium sobre *Yacimientos de Petróleo y Gas* deberá ser dirigida a:

Eduardo J. Guzmán
Balderas 36-302-A
México 1, D. F., MÉXICO.

Eduardo J. Guzmán
Secretario General
XXa. Sesión Congreso Geológico Internacional.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

AFRICA

UNION OF SOUTH AFRICA

AN OCCURRENCE OF OIL IN THE MIDDLE ECCA BEDS NEAR DANNHAUSER, NATAL

By Michael H. P. Rilett

Geological Survey of the Union of South Africa.

ABSTRACT

The Karroo (Late Palaeozoic) beds of northern Natal, where the Government is at present prospecting for oil, are described. Details of both the mode of occurrence and the chemical and physical properties of the oil are given. The origin of this oil, however, remains an enigma.

HISTORICAL REVIEW

For many years occasional reports of small seepages of oil from the Karroo rocks have been made. Usually the oil is found as traces or in very small quantities in dolerites or in the sediments immediately adjacent to dolerite intrusions. Occasionally oil has been reported as a film on water issuing from a spring.

Some thirty to thirty-five years ago drilling for oil near Dannhauser is alleged to have taken place. Rumour has it that oil-impregnated sandstone was then encountered in at least one bore-hole, but the results of the drilling appear to have been lost. In 1938, 1950 and again in 1955 sandstone impregnated with oil was found in boreholes in this area. In 1944 and again in 1954 patches saturated with oil were noticed on the floor of sandy micaceous shale in No. 3 Mine of the Durban Navigation Collieries some time after develop-

ment in sections of the mine had been completed. Small excavations were made in the foot-wall at the points where the oil had been noticed; these excavations subsequently became filled with water which displaced the oil from the underlying strata and enabled it to float on the surface of the pool. The oil was skimmed off and appreciable quantities, in the order of over two barrels, were recovered.

In order to obtain additional information the Government of the Union of South Africa started drilling in this area in 1953. The first bore-hole encountered rocks of the Jamestown Igneous Complex (the Pre-Cambrian floor of the Karroo System) at a depth of 2,468 feet (752.25 m.) below the surface and at a height of 1,878 feet (572.11 m.) above sea-level. The second bore-hole encountered rocks of the Jamestown Igneous Complex at a depth of 1,634 feet (498 m.) below the surface and at a height of 2,618 feet (797.9 m.) above sea-level thus showing the very uneven nature of the Pre-Karroo floor. The bore-holes were both cored in their entirety. No marine sediments were found.

GENERAL GEOLOGY

Topographically the area is a flat-lying plain with occasional cuestas and mesas rising above the general surface at points where a dolerite sill has preserved the sediments from denudation. Sediments of the Karroo System (Permo-Carboniferous) cover the entire area. These sediments have a slight regional dip towards the south but otherwise do not appear to have been disturbed by severe folding or faulting. They have been invaded by dolerite sills of Jurassic age which tend to be intruded into the more shaly zones such as the Lower Ecca Stage and the Upper Ecca Stage. At the points where oil has actually been proved to exist the dolerite sheets are found only in these shaly zones. Numerous small dolerite dykes, that seem to have been injected entirely at random, cut through the sediments.

THE DWYKA SERIES

This series has been shown by the bore-hole sunk by the Government to consist of up to 542 feet (165.2 m.) of tillite with intercalated layers of shale and some sandstone bands. The uppermost 37 feet

(11.27 m.) in the first bore-hole and the entire series (90 ft. or 27.43 m.) in the second bore-hole consist of varved shale which has been intensely deformed by floating ice while it was still in a plastic condition and therefore shows severe folding and some faulting. The tillite rests unconformably on a chlorite-sericite schist belonging to the Jamestown Igneous Complex.

THE LOWER ECCA STAGE

This stage ranges in thickness from 163 feet (49.68 m.) to 274 feet (83 m.), and consists almost entirely of clean, blue-black shale, but the lowest portion may contain occasional small bands and laminae of sandstone. The shale contains some 12 per cent of finely disseminated carbonaceous matter which is evenly distributed throughout the stage. These beds rest evenly upon the Dwyka Series but the contact is quite sharply defined and there is no transitional zone between the two. The known elevations of the base of the stage show that these beds were laid down on a floor which was rather more rugged than the present-day landscape.

THE MIDDLE ECCA STAGE

This portion of the succession, which is largely composed of grit, coarse —and fine— grained sandstone, shaly sandstone and shale deposited in a cyclic manner, is known to range in thickness from 1,000 feet (304.8 m.) to 1,238 feet (377,13 m.). The middle portion of the stage is the most sandy and contains two coal-seams of economic importance and up to five minor coal-seams. Fossil spores and microscopic globules of resinous matter are present in both major coal-seams.

All the oil "shows" which have been encountered so far have been located in this sandy portion of the stage, either just below the lower major coal-seam or just below the upper shaly portion. A black carbonaceous shale, found between the two larger coal-seams, yields on distillation 0.909 gallons (4.135 l.) of oil per ton (1.0156 metric tons). Similar carbonaceous shale is often associated with Middle Ecca coal-seams in other parts of South Africa and in places yields greater quantities of oil. In the Utrecht area shale of this nature has been known to yield between 20 and 35 gallons (90.91 and 159.11 l.) of

oil and anything up to 70 lbs. (31.75 kg.) of ammonium sulphate per ton (1.0156 metric tons).

Lenticular deposits of iron ore are found at a few places in the middle portion of the stage. These ore-deposits are to a large extent overlain by a thin coal-seam and may replace one of the minor coal-seams. Evidence of past life abounds in the ore. Impressions of the plants *Gangamopteris cyclopteriodes* Feistmantel, *Glossopteris browniana* Brongniart, *Vertebraria indica* Royle and a seed, cf. *Samaropsis*, have all been found in the sediments of the stage in this area. The only traces found so far of animal life are the fresh-water lamellibranch *Unio alletaensis* Rillet and the casts of some worm-burrows. Intraformational conglomerate composed of mud flakes and pellets with a sandy matrix is fairly common in the lower portion of the stage. This conglomerate often shows traces of rootlets and the casts of worm-burrows.

False bedding is almost universal in the zones of laminated sandstone and shale and in the upper portion of the stage graded bedding is common in the same beds. Lateral variation of the beds over even small distances is noticeable. The stage rests evenly on the underlying Lower Ecca shale, but there is no transitional zone between them; on the contrary, the two stages are slightly disconformable to each other.

THE UPPER ECCA STAGE

This stage consists of some 400 feet to 450 feet (121.92 to 137.16 m.) of blue-black shale with occasional phospathic lenses and concretions. Some 8 per cent of finely disseminated carbonaceous matter is scattered evenly throughout the beds. Remains of a fish, cf. *Acrolepis*, and some fucoid-like markings, possibly the casts of worm-burrows, are the only evidence of past life encountered. As the beds rest conformably on the underlying Middle Ecca Stage, the two stages are separated on purely lithological grounds the boundary being drawn at the point where true shale becomes dominant.

THE OIL OCCURRENCES

The Karroo strata in this region were laid down on a very uneven floor and it was not until the Upper Ecca Stage had been deposited

that the irregularities were completely obliterated. Folds were therefore formed in the lower part of the succession as a result of differential compaction. By plotting the elevations of the floor of the lower coal-seam of economic importance, after making allowance for any faults caused by the intrusion of dolerite sills, it is possible to locate the positions of some of the folds. Two anticlines formed in this way are known near Dannhauser: the one is situated west of Dannhauser whereas the other is located at the No. 1 and the No. 2 Mines of the Durban Navigation Collieries.

Three bore-holes drilled on the anticline west of Dannhauser are known to have penetrated oil-impregnated sandstone. This sandstone is coarse-grained to medium-grained and is very false-bedded. The sandy layers are intimately laminated with a fine-grained to medium-grained sediment which is composed predominantly of grains of siderite, which vary in diameter between 0.2 mm. and 0.6 mm. Small grains (0.1 mm. in mean diameter) of quartz and feldspar are present in subordinate amounts, chlorite and black opaque matter are present in very small amounts, whereas calcite is present interstitially. The entire rock is impregnated with oil, but the oil seeps rather more slowly out of the siderite bands. This sediment gives the impression of having been laid down by an old river-system with a rapidly shifting current. The host-rock lies just below the shaly transitional zone between the Middle Ecca Stage and the Upper Ecca Stage. The latter forms the impervious roof over the anticline and has thus trapped the oil.

It is estimated that the volume of oil-impregnated rock is 60,436,210 cubic yards (46,206,688 cubic metres). The average porosity of the host rock has been calculated as 6.4 per cent so that the total quantity of oil contained in the structure will be in the orden of 1,928,935 U.S. barrels (69,938,862 imperial gallons or 306,666 cubic metres).

The other anticline situated at the No. 1 and No. 2 Mines of the Durban Navigation Collieries has so far proved to be dry although numerous bore-holes have been drilled into it. None of these bore-holes has penetrated to the Pre-Karroo floor, but by analogy with the Anticline west of Dannhauser the oil can be expected to accumulate just below the transition-zone between the Middle Ecca Stage and the Upper Ecca Stage and thus be considerably above the coal-seams. If any oil-soaked sandstone were present it should therefore have been encountered. A dolerite sheet has been intruded into the sediments in a saucer-like

form below and around this anticline, and it seems more than probable that the sheet presented a barrier through which the oil could not migrate. This sheet is unlikely to have caused any oil to be removed by volatilisation, as it has to all intents and purposes not devolatilised the coal. The coal from the No. 1 and No. 2 Mines of the Durban Navigation Collieries has as high a volatile content as any coal mined in the neighbourhood. An analysis of a run-of-mine sample of this coal is: moisture 1.4 per cent, ash 9.7 per cent, volatile matter 30.4 per cent, fixed carbon 58.5 per cent, and sulphur 0.44 per cent. The oil must therefore have migrated into the anticlines after the injection of this dolerite sheet during Jurassic times.

The oil "shows" in the No. 3 mine of the Durban Navigation Collieries were encountered on the southern side of they dry anticline and down the dip of the dolerite sill. These "shows" have been proved by mining to be of very local nature, and may be all that remains of an oil accumulation which concentrated in the limbs of this anticline, the bulk of the oil having escaped to the surface along zones of weakness on the sides of the dolerite sheet. Alternatively, this oil may have migrated to its present position from the more extensive reservoir west of Dannhauser along the zones of weakness on the sides of dolerite dykes.

THE CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE OIL

The oil found in the No. 3 Mine of the Durban Navigation Collieries is dark green in colour and sets to a grease at about 10°C. It has a specific gravity of 0.814 at 20° C., contains 18.8 per cent of paraffin, and has a light blue luminescence. The oil found in bore-hole No. U.G.S.O. 2 is brownish in colour, smells strongly of paraffin, and has a yellow luminescence. These oils were examined by officers of the National Chemical Research Laboratory at Pretoria and subjected to distillation analysis, and the spectra of some of the fractions were compared. The following results of the distillation analysis [1] were obtained:

[1] Analysis done by D.H.S. Horn.

Table I

	Oil at No. 3 Mine	Oil in bore-hole 2
Colourless fractions, b.p. 100° C. to 340° C.	56%	34%
Pale yellow fraction b.p. 340° C. to 470° C.	30%	24%
Pitch residue, b.p. above 470° C.	13%	42%
Proportion of liquid fractions at 20° C.	68%	78%
B.p. range of liquid fraction	100-340°C.	100-390°C.
Proportion of wax or grease fractions at 20° C.	32%	22%
B.p. range of wax or grease fractions	340-470°C.	390-470°C.

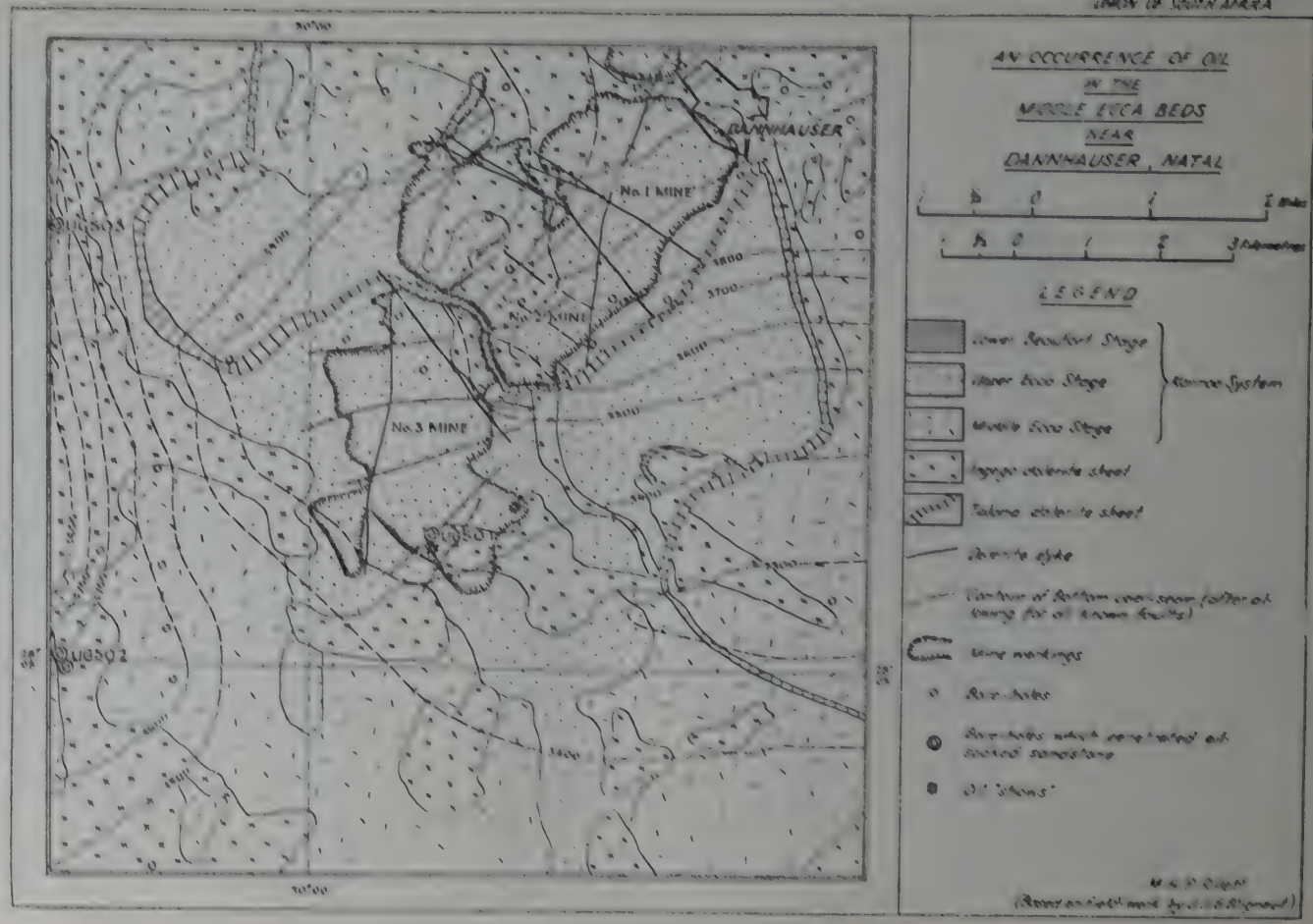
The infra-red spectra obtained on several fractions showed that both samples were typical paraffinic crudes containing only very small amounts of aromatic hydrocarbons. In addition, the spectra of fractions of similar boiling-point were found to be very similar; however, there was a definite and characteristic difference in the absorption in the 7.24 micron region. This indicates a difference in the proportion of the methyl groups present in the hydrocarbon constituents of the two samples. The differences found for three different fractions are compared in the following table:

Table II

Oil at No. 3 Mine	Oil at bore-hole 2	State	Ratio of intensity of absorption at 7.24 μ., B/A.
306°C. to 330°C.	240°C. to 290°C.	liquid	1.28
340°C. to 356°C.	326°C. to 350°C.	liquid	1.41
435°C. to 475°C.	442°C. to 465°C.	wax	1.21

Thus it is seen that the sample from bore-hole 2 contains a higher proportion of branched chain hydrocarbons than the sample from No. 3 Mine. It is of interest to note that, as would be expected, the fractions of the former sample are more liquid than the fractions of the latter sample of the same boiling-range and that the first sample contains less wax than the second.

It is the considered opinion of responsible chemists that, as neither of these oils contains appreciable quantities of anthracene, they could not possibly be high-temperature distillation-products, and therefore could not have been formed as the result of the action of a dolerite on either a coal or a carbonaceous shale. The origin of the oil therefore remains an enigma.


AN OCCURRENCE OF OIL
IN THE
MIDDLE ECCA BEDS
NEAR
DANNHAUSER, NATAL
DANNHAUSER
No. 1 MINE
No. 2 MINE
No. 3 MINE
LEGEND

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

ALGÉRIE

LE CHAMP DE L'OUED GUETERINI [1]

Par M. KIEKEN [2] et E. WINNOCK [2]

RÉSUMÉ

Le champ d'Oued Guétérini, découvert en 1949 près d'Aumale en Algérie, a été complétement développé de 1949 à 1956 par l'exécution de 180 forages.

Ce gisement est situé dans un complexe charrié dénommé "Nappes Sud-Telliennes".

Le forage de découverte OG. 1 a été implanté sur un indice d'huile actif, exploité depuis longtemps par les populations indigènes.

L'huile se trouve, principalement, dans des calcaires éocènes dont la porosité moyenne n'excède pas 10%. Leur perméabilité matricielle est négligeable et l'huile est contenue dans un réseau de fissures.

Les puits, distants de 200 à 400 m. suivant les niveaux, produisent quelques centaines de litres à 40 m^3/jour.

La production cumulée s'élève à 330.000 m^3 au 1er Janvier 1956. Les réserves estimées n'excèdent plus 40.000 m^3.

INTRODUCTION

Le champ de l'Oued-Guétérini est situé 110 km. au Sud-Est d'Alger (planche 1). Sa principale originalité réside dans sa complexité tectonique, les niveaux réservoirs étant emballés *dans des nappes de charriage constituant les séries dites "Allochtones"*.

Avant de passer à la description de ce champ; il nous paraît nécessaire de le placer dans le cadre de la géologie régionale.

Ce gisement est localisé dans l'ensemble structural dénommé "Nappes Sud-Telliennes". Celles-ci sont formées d'un matériel sédimentaire

[1] Cette communication a été publiée avec l'accord de M. A. COLOT, Président et Directeur Général de la Société des Pétroles d'Aumale (S.P.A.).

[2] De la Société Nationale de Recherches et d'Exploitation des Pétroles en Algérie (S. N. Repal).

dont l'âge s'échelonne du Cénomanien au Miocène inférieur inclus. Elles reposent, au Sud, sur le Bassin Miocène du Hodna (planches 1 et 2) et, au Nord, sur le Cénomano Turonien de la chaîne des Biban.

L'existence de ces nappes fut démontrée par les premiers forages de recherche de pétrole dont l'interprétation fut appuyée sur l'étude des microfaunes et des diagraphies électriques.

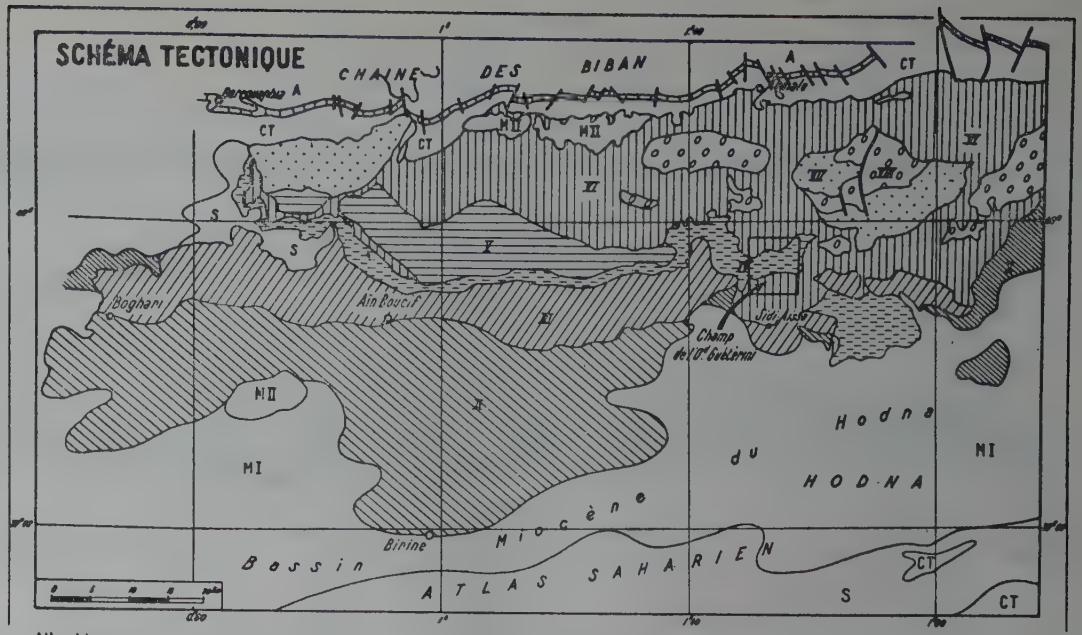
Des levers géologiques ultérieurs ont permis de reconnaître un style tectonique analogue dans la région qui s'étend de Mascara à Sétif, soit sur 350 km. La largeur de l'allochtone Sud-Tellien varie de 10 à 60 km.; soulignons l'analogie de ces nappes avec celles du Prériff marocain et les Argildes Scagliose d'Italie.

Les nappes Sud-Telliennes ont glissé du Nord au Sud; leur flèche de recouvrement dépasse localement 30 km.

Dans la région qui environne le champ de l'Oued-Guétérini, l'allochtone est formé par l'empilement ou la juxtaposition de huit unités distinctes (numérotées de I à VIII) dont les contacts réciproques sont fréquemment jalonnés de lames de Trias. Les unités I à IV sont caractérisées par la prédominance des séries tertiaires. Les unités supérieures (VI à VIII) renferment essentiellement des séries crétacées ou oligo-miocènes à faciès spécial. Le champ de l'Oued-Guétérini est inclus dans l'unité IV et il comporte une série allant du Maestrichtien supérieur au Miocène inférieur.

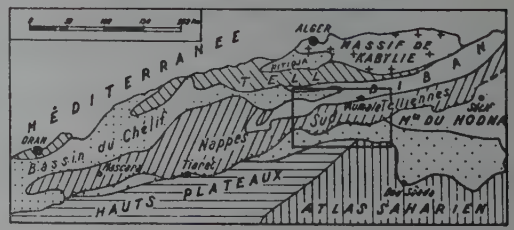
La région comprise entre Boghari et Sidi-Aïssa sera décrite en 1956 au Bulletin du Service de la carte géologique d'Algérie; nous nous bornerons, ici, à l'étude de l'Unité du champ de l'Oued-Guétérini (O.G.) qui a déjà fait, en 1952, l'objet d'une publication au XIX[e] Congrès International de Géologie (Alger).[1] De nombreux forages, exécutés depuis cette époque, nous ont permis de mieux déchiffrer la structure de ce gisement, caractérisée essentiellement par l'empilement de cinq sous-unités ou "éléments".

[1] I. Ortynski et J. Puech (1952). Un nouveau gisement de pétrole en Algérie: l'Oued-Guétérini. Les champs de pétrole des régions mésogéenes (section XIV, fascicule XVI). XIX[e] Congrès International de Géologie. Alger.



Allochtone

UNITÉS	L'éocénien Campanien	Maestrichtien	Eocène	Oligocène	Miocène
VIII				Aquitanien	
VII					
VI					
V					
IV					
III					
II					
I					



Autochtone

A. Albo-Aptien _ β Albien calcaire _ CT. Cénomano-turonien _ S. Sénonien _ MI. Miocène ante-nappe _ MII. Miocène post-nappe _

SN. REPAL
Février 1956

Planche 1.

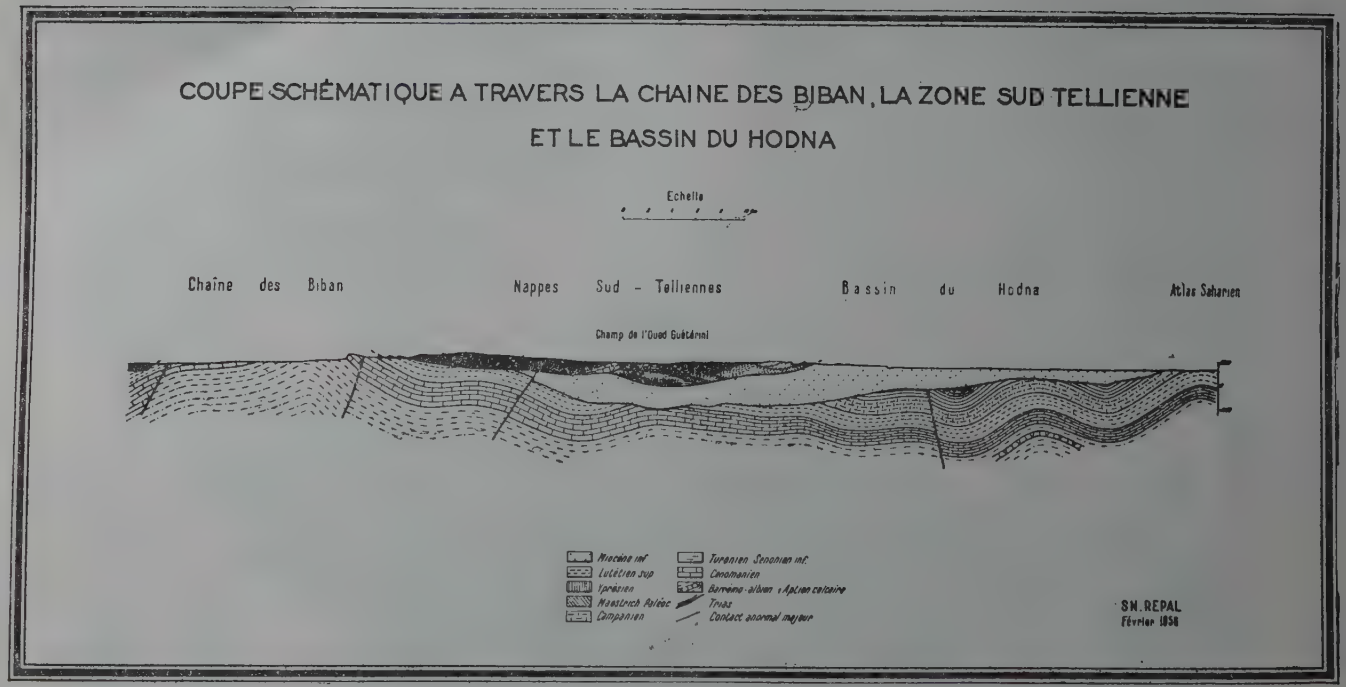

COUPE SCHÉMATIQUE A TRAVERS LA CHAINE DES BIBAN, LA ZONE SUD TELLIENNE
ET LE BASSIN DU HODNA
Echelle
Chaîne des Biban
Nappes Sud - Telliennes
Bassin du Hodna
Atlas Saharien
Champ de l'Oued Guétarni
Miocène inf.
Lutétien sup.
Yprésien
Maestrich Paléoc.
Campanien
Turonien Sénonien inf.
Cénomanien
Barrémo-albien + Aptien calcaire
Trias
Contact anormal majeur
SN. REPAL
Février 1958

Planche 2.

STRATIGRAPHIE

Aux variations d'épaisseur près, dûes à d'intense laminages tectoniques, les mêmes séries stratigraphiques se retrouvent dans chaque élément.

Nous décrirons, ci-dessous, la coupe-type (planche 3) des terrains du champ O.G., telle que nous avons pu l'établir par les corrélations électriques et la détermination des microfaunes.

L'étage le plus ancien, traversé par les sondages, est le *Maestrichtien* terminal, formation essentiellement marneuse, avec de rares bancs de marno-calcaires blanchâtres. L'épaisseur n'excède pas 100 m.

Le Dano-Montien ou Paléocène est représenté par 30 à 40 m. de marnes noires qui se chargent vers le haut de deux minces bancs de grès glauconieux.

L'Eocène inférieur est formé par 120 m. de calcaires blancs en petits bancs bien réglés renfermant des lits de silex vers la base. Cette série est un excellent repère cartographique et constitue, en outre, un bon niveau réservoir dans les éléments inférieurs du champ (niveau B). La description de ce niveau sera faite plus loin. La microfaune permet d'y distinguer le Thanétien, l'Yprésien et le Lutétien inférieur; cependant, vu la rareté de la faune et l'homogénéité lithologique de la formation, nous la désignons communément sous le terme d'Yprésien.

Le Lutétien supérieur (habituellement dénomé "Lutétien") comprend:

a) *25 m.* de marnes franches, légèrement séléniteuses;
b) *110 m.* de marnes à minces bancs de calcaires gris, qui deviennent de plus en plus rares vers le bas;
c) *110 m.* de marnes entrecoupées de nombreux bancs de lumachelles calcaires à Huitres et Gastéropodes. Un horizon de calcaire gréseux s'intercale vers le milieu de cette formation et constitue le niveau productif "A" qui sera décrit plus loin;
d) *115* m. de marnes brunes à rares petits bancs de grès plus ou moins calcaireux et ferrugineux. Un de ces bancs atteint 3 à 4 m. de puissance et a fourni quelques m^3 d'huile, sans atteindre toutefois une production commerciale.

La microfaune [1] est inexistante dans le niveau a), elle s'enrichit

[1] Les microfaunes caractéristiques sont décrites par J. MAGNE dans la publication citée plus haut.

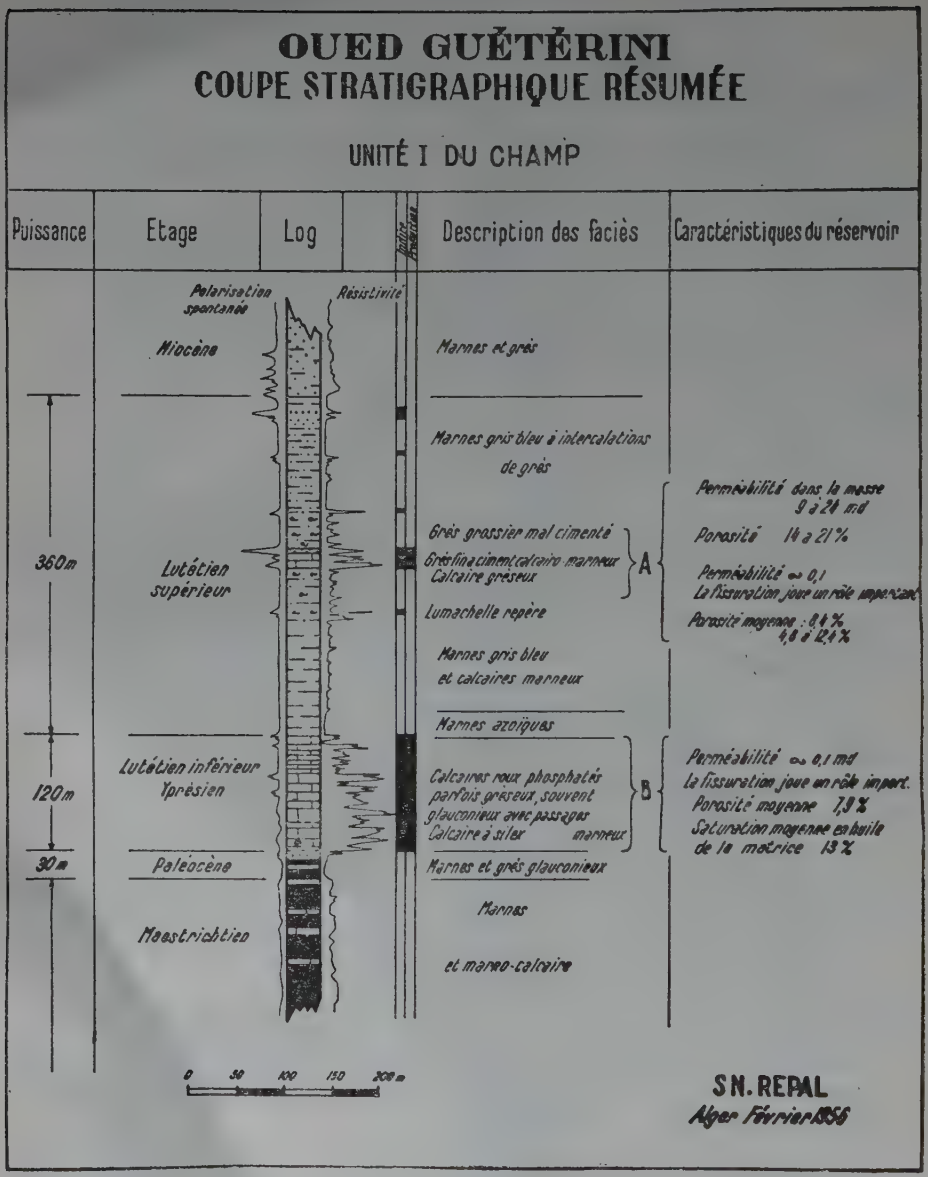

OUED GUÉTÉRINI
COUPE STRATIGRAPHIQUE RÉSUMÉE
UNITÉ I DU CHAMP
Puissance
Etage
Log
Description des faciès
Caractéristiques du réservoir
Polarisation spontanée
Résistivité
Miocène
Marnes et grès
Marnes gris bleu à intercalations de grès
360m
Lutétien supérieur
Grès grossier mal cimenté
Grès fin à ciment calcaire marneux
Calcaire gréseux
A
Lumachelle repère
Marnes gris bleu et calcaires marneux
Perméabilité dans la masse 9 à 24 md
Porosité 14 à 21 %
Perméabilité ≃ 0,1
La fissuration joue un rôle important
Porosité moyenne : 8,4 %
4,8 à 12,4 %
Marnes azoïques
120m
Lutétien inférieur Yprésien
Calcaires roux phosphatés parfois gréseux, souvent glauconieux avec passages
Calcaire à silex
marneux
B
Perméabilité ≃ 0,1 md
La fissuration joue un rôle import.
Porosité moyenne 7,9 %
Saturation moyenne en huile de la matrice 13 %
30m
Paléocène
Marnes et grès glauconieux
Maestrichtien
Marnes
et marno-calcaire
0 50 100 150 200 m
SN. REPAL
Alger Février 1956

Planche 3.

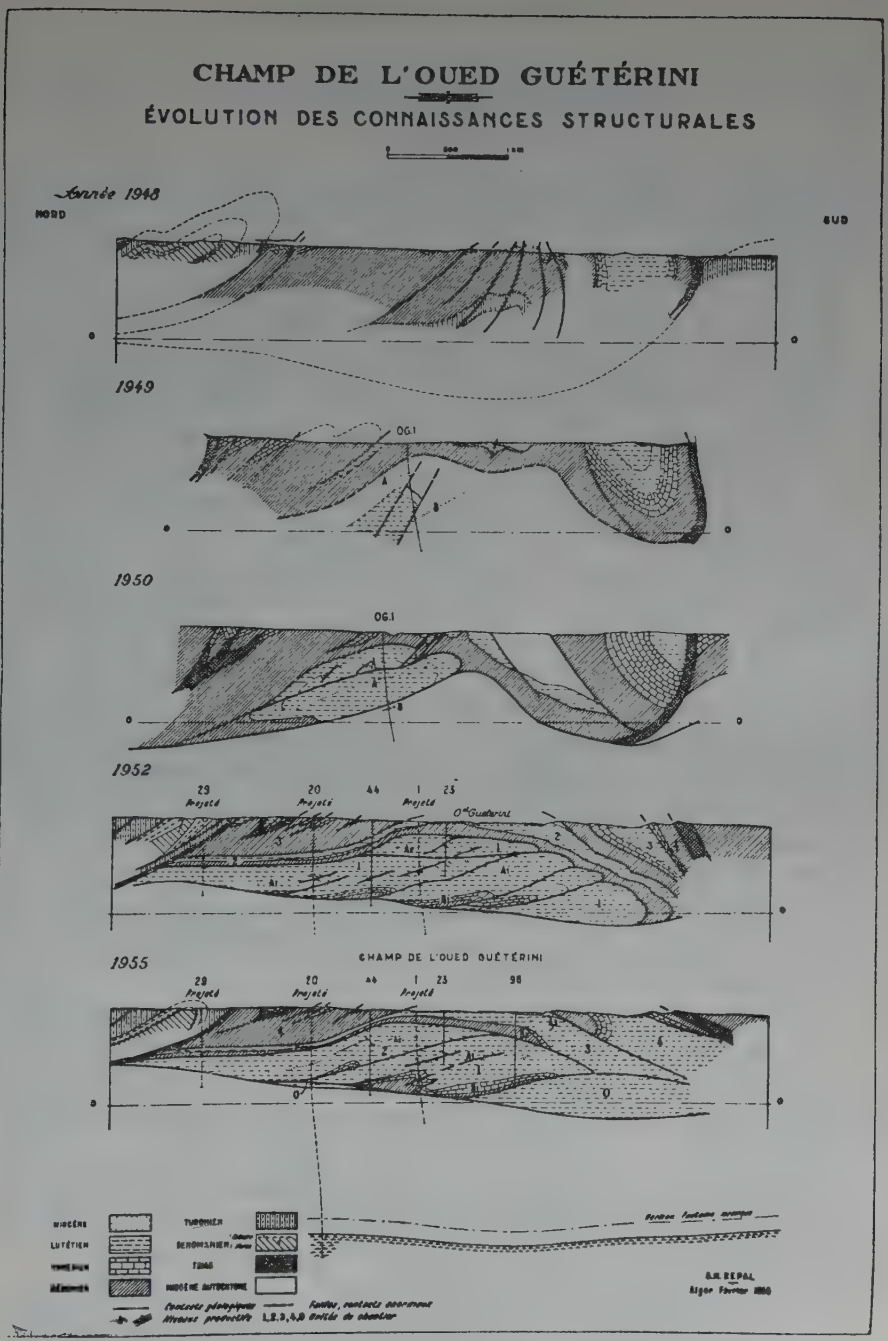

CHAMP DE L'OUED GUÉTÉRINI
ÉVOLUTION DES CONNAISSANCES STRUCTURALES
Année 1948
NORD
SUD
1949
OG.1
1950
OG.1
1952
Projeté
Projeté
Projeté
O.ed Guetarini
1955
CHAMP DE L'OUED GUÉTÉRINI
Projeté
Projeté
Projeté

Planche 4.

progressivement en espèces (Ostracodes-Nonion) et individus dans les niveaux c) et b), pour se raréfier de nouveau dans la partie supérieure du niveau a).

Le Miocène inférieur est transgressif sur le Lutétien. Il débute par quelques mètres de grès glauconieux, suivis de grès jaunes tendres et de marnes gris clair. L'épaisseur de l'ensemble varie de 50 à 100 m.

TECTONIQUE

Nos idées sur l'interprétation tectonique du champ de l'Oued-Guétérini ont constamment évolué depuis 1948. La planche 4 montre comment nous sommes peu à peu parvenus aux conceptions actuelles qui, vu le nombre de forages (180), nous semblent définitives. Avant l'exécution du premier forage, les levers de la région nous faisaient pressentir un style en "écailles imbriquées", bien que l'extrême morcellement des terrains rendit aléatoire toute extrapolation en profondeur (1948). Le forage OG.1 recontra des séries tertiaires sous le Crétacé Supérieur, ce qui nous fit admettre l'existence de nappes dans cette région. Dès lors, les données fournies par la géologie de surface ne concernaient que les seuls éléments superficiels et ne permettaient pas d'avoir une idée précise de la structure des unités "enfouies". Les divers éléments paraissaient, en quelque sorte, indépendants les uns des autres (1949-1950). Les forages, implantés systématiquement sur une maille de 400 m., permirent, seuls, d'établir les coupes du champ. Celles-ci révélèrent une certaine cohérence dans la disposition des éléments, alors qu'à priori, le style chaotique des nappes rendait fort improbable l'existence d'un gisement continu (cf. Recherches dans la nappe prérifaine [1] et en Italie).

L'Unité de l'Oued-Guétérini (IV) (carte pl. 5) est chevauchée au Nord et au Sud par les lambeaux de recouvrement de l'Unité VI; les contacts anormaux, soulignés par des lames de Trias, sont très sinueux et subhorizontaux; observation confirmée par les forages OG.29 - 51 - 54 - 84 - 139.

L'Unité IV repose directement sur l'autochtone constitué par les marnes du Miocène inférieur. La base du Miocène, déterminée par réflexion sismique, dessine un synclinal à l'aplomb du chantier (pl. 2).

[1] R. G. Levy. Le pétrole au Maroc, 1952, p. 275 in géologue des gîtes minéraux marocains XIX° Congrès Géol. Intern. Monogr. région, 3° série (Maroc) No. 1, 1952.


CHAMP DE
L'OUED GUÉTÉRINI
CARTE GÉOLOGIQUE
0 1km.
OUED DJENANE
Rass el Ahmar
DJENANE
SKHIRA
DAR FATMA
Guannura Ahmane
Djebel Barbouche
Guétérini
O. Malah
CHAÂ
KAT
LÉGENDE
MIOCÈNE
LUTÉTIEN
YPRÉSIEN
MAESTRICHTIEN
CAMPANIEN
TURONIEN
CÉNOMANIEN
TRIAS
S.N.REPAL
Alger, Février 1956

Planche 5.

CHAMP DE L'OUED GUÉTÉRINI

COUPE GÉOLOGIQUE

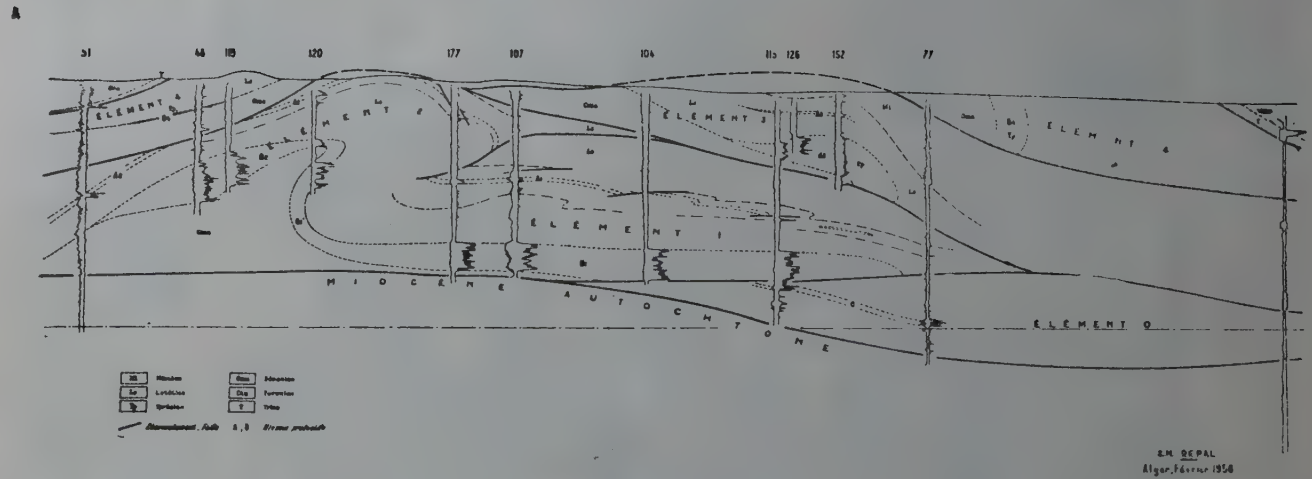


Planche 6.

On peut considérer que la structure actuelle de cette Unité résulte de cisaillements successifs d'une même série stratigraphique qui s'est empilée sur elle-même. Les relations réciproques et la structure interne de ces diverses sous-unités ou "éléments" sont figurées sur les coupes des planches 6, 7 et 8.

Un premier élément (ou élément 0) aurait d'abord comblé le fond du synclinal, puis quatre autres lames seraient venues se superposer les unes aux autres, formant ainsi les quatre éléments principaux du champ. Ceux-ci ont été numérotés, de 1 à 4.

L'élément 1 repose, soit directement sur le Miocène autochtone, sur le Lutétien de l'élément 0. L'Yprésien (niveau B.1) forme l'ossature de cet élément. Dans la partie méridionale du champ, il montre une tectonique calme et moule son substratum. Le Lutétien, par contre, a été affecté d'amples chevauchements, dont les plans de cisaillement sont subhorizontaux et redoublent le niveau productif A1 (cf. coupe J.J'). Dans la partie NW. du chantier, l'élément 1 se relève en un pli déversé vers le Sud dont la partie supérieure constitue l'élément 2. Le recouvrement de l'élément 2 sur l'élément 1 est faible sur les coupes FF' et CC' (pl. 7). Sur la coupe EE', il dépasse 200 m. Une disharmonie très nette se marque entre l'Yprésien et le Lutétien de l'élément 1. Le dos de ce pli affleure dans la fenêtre de l'Oued-Malah (coupe EE' pl. 7).

Ces deux éléments renferment les principaux niveaux productifs du champ O.G. qui peuvent ainsi être recoupés plusieurs fois dans un même sondage.

L'élément 3 apparaît dans la fenêtre tectonique de l'Oued-Guétérini et, en profondeur, s'étend largement au N. à l'Est et au Sud de celle-ci. Son épaisseur est très variable. Il comporte des marnes maestrichtiennes et lutétiennes très laminées et quelques "esquilles" de calcaires yprésiens qui constituent le niveau productif B3, d'extension très restreinte.

L'élément 4 ceinture l'élément 2 sur le pourtour de la fenêtre de l'Oued Malah et environne la fenêtre de l'Oued-Guétérini où affleure l'élément 3. L'élément 4 forme donc la majeure partie des affleurements du champ OG. (voir carte pl. 5).

On peut considérer que ces divers éléments se sont mis en place suivant des plans de chevauchement horizontaux. L'ensemble a subi, par la suite, un réajustement tectonique. Il semble que les divers éléments

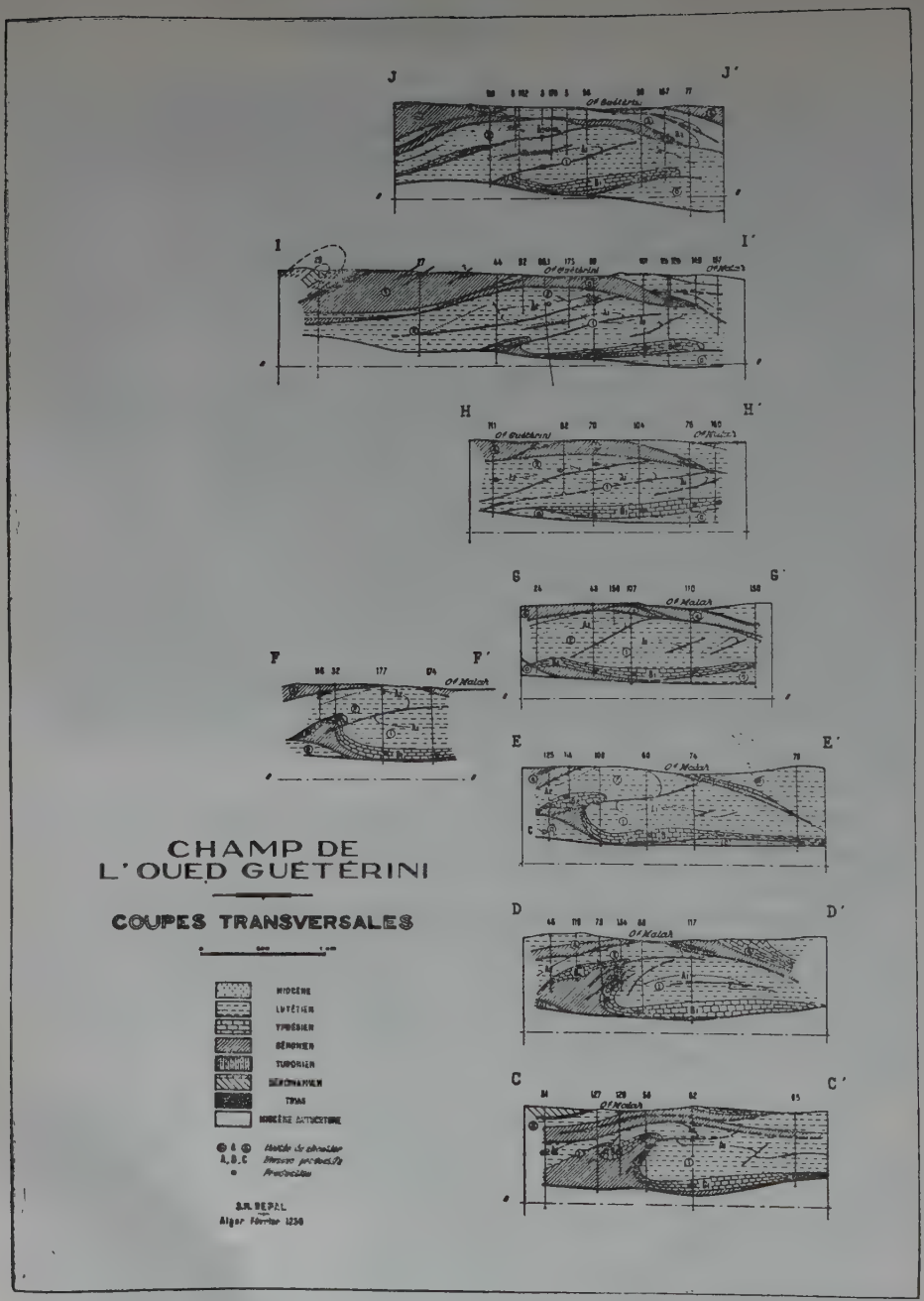
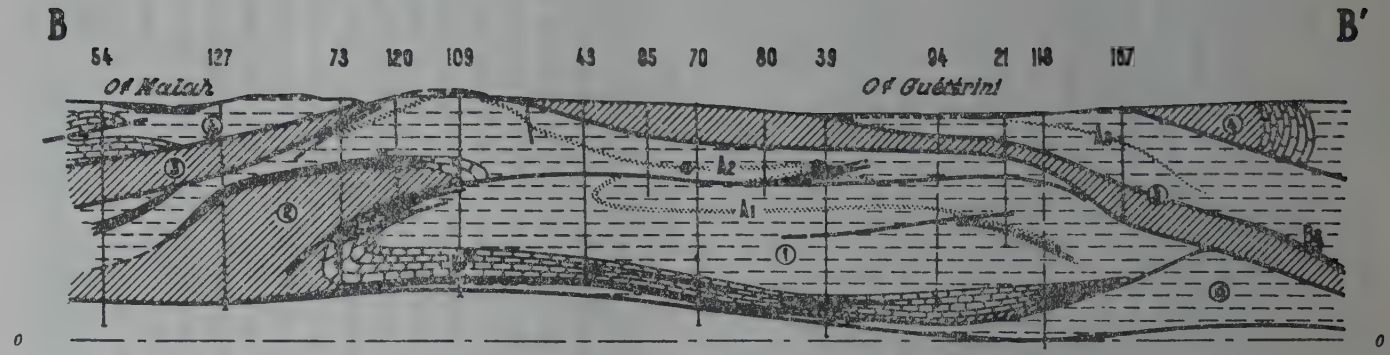

J
J'
I
I'
H
H'
G
G'
F
F'
E
E'
D
D'
C
C'
CHAMP DE
L'OUED GUETERINI
COUPES TRANSVERSALES
MIOCÈNE
LUTÉTIEN
YPRÉSIEN
SÉNONIEN
TURONIEN
SÉNONIEN
TRIAS
SOUBASSEMENT ANTICLINAL
S.N. REPAL
Alger Février 1956

Planche 7.

CHAMP DE L'OUED GUÉTÉRINI

COUPE LONGITUDINALE



S.N. REPAL
Alger Février 1956

Planche 8.

aient glissé, en masse, vers le centre de dépression du substratum miocène, soit sous l'effet de leur propre poids, soit par suite de la surcharge provoquée par la mise en place des Unités supérieures (Unité VI). Cet amoncellement des divers éléments de l'Unité IV, dans la zone profonde de la cuvette Miocène, a provoqué un bombement pseudo-anticlinal en surface. A cette zone haute ainsi créée, correspond l'aire productive du champ O.G.

NIVEAUX PRODUCTIFS

Le Niveau B comprend tout l'Yprésien et présente de haut en bas la succession suivante:

1) 25 m. de calcaires détritiques passant latéralement à des calcaires gréseux, en particulier dans la partie septentrionale de l'élément 1 et dans les éléments supérieurs du champ. Cette variation de faciès apparaît nettement au carottage électrique;

2) 40 m. de calcaires marneux et marno-calcaires;

3) 40 m. de calcaires compacts en gros bancs séparés par des lits marneux. Les 5 ou 10 m. inférieurs se chargent de rognons de silex noirs;

4) 10 m. de calcaires plus ou moins phosphatés et argileux.

Le niveau B, absent dans l'élément 0, a été appelé B1 - B2 - B3 suivant l'élément tectonique auquel il appartient. Il présente une puissance maximum dans la partie centrale du champ, son épaisseur est réduite sur les flancs. Cette variation d'épaisseur n'est pas d'origine stratigraphique mais semble dûe à un glissement banc à banc: ce niveau s'est comporté comme un jeu de cartes lancé sur une table, les cartes supérieures glissant vers l'avant, les cartes inférieures restant en retrait. Ainsi trouve-t-on souvent les bancs correspondant à l'arrière. Ce phénomène s'observe même si la formation se réduit à quelques mètres.

La porosité de la matrice, très variable, est en moyenne de 8% tandis que sa perméabilité n'atteint généralement pas 1 millidarcy. La production semble liée à un réseau de fissures. Des relations ont été recherchées entre la fracturation et divers facteurs tels que porosité, teneur en éléments clastiques ou en phosphate. Il semble que les calcaires les moins argileux soient plus aptes à se fracturer et que les variations locales de la teneur en argile des calcaires yprésiens expliquent la présence d'ilôts stériles (OG. 70) ou de puits médiocres (OG. 101) encadrés de tous côtés par de bons producteurs.

Niveau B.1

Le niveau B1 (pl. 9) couvre une superficie de 15 km^2 dont la partie orientale (2,5 km^2) seulement, est productive (planche 9).

Le réservoir est atteint à une profondeur d'environ 525 m. Son épaisseur moyenne est de 70 m. Un espacement de 400 m. entre les puits a été considéré comme satisfaisant sauf dans la zone centrale du gisement où 6 puits intermédiaires ont été forés au centre des mailles.

La pression statique initiale dépasse généralement 45 kg/cm^2 et les puits sont habituellement éruptifs. Le potentiel initial des puits atteint 40 à 70 m^3/jour.

A la zone productive fait suite, à l'Ouest, un panneau (OG. 83 - 81 - 69) où les pressions de fond sont de l'ordre de 11 kg/cm^2 à 470 m.

Le niveau affleure à la Koudiat ed Defila et l'on peut supposer que le réservoir s'est partiellement décomprimé. Le panneau Ouest n'a produit que du gaz. Aucune discontinuité tectonique ne sépare le panneau oriental productif de la zone à gaz. Le passage semble se faire graduellement à travers une zone de transition peu perméable qui expliquerait les différences de pression constatées.

Niveau B.2

Le niveau B2 (cf. pl. 9) couvre une superficie de 1,5 km^2 dont le tiers environ est productif (planche 9).

Le réservoir est atteint à une profondeur moyenne de 250 m. sur une épaisseur moyenne de 70 m. Ce niveau a été exploité par des puits distants de 200 m. La pression de fond est de l'ordre de 35 kg/cm^2 à une profondeur de 320 m. Les puits sont généralement éruptifs avec un potentiel initial de 30 à 50 m^3/jour. On a constaté, pour ce niveau, une augmentation de la saturation en eau avec la profondeur. L'aire productive se cantonne au-dessus de la cote 520 m. qui correspond à une saturation matricielle moyenne en eau de 80%.

En-dessous de cette cote, les puits sont secs et malgré une saturation en eau élevée, il n'a jamais été constaté de venue d'eau.

Niveau B.3

Le niveau B.3 couvre une superficie de 0 km^2 200 dont la moitié environ est productive. Ce panneau de faible extension a été découvert

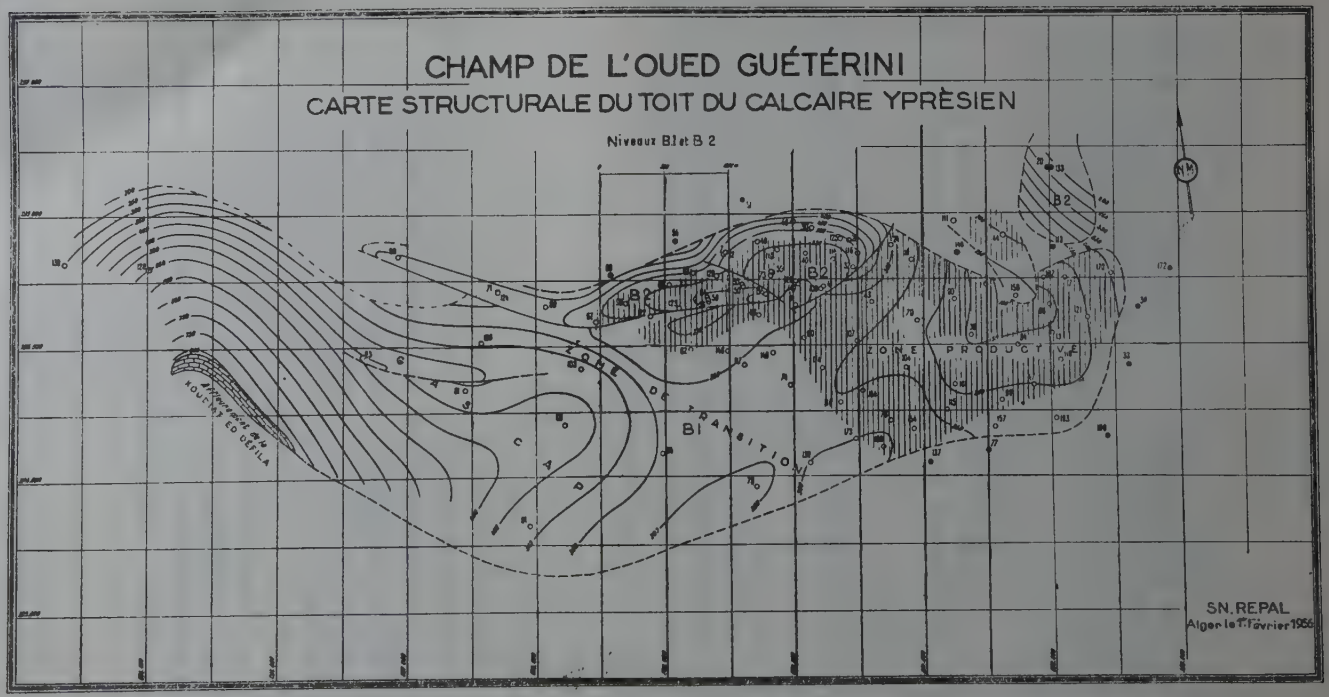

CHAMP DE L'OUED GUÉTÉRINI
CARTE STRUCTURALE DU TOIT DU CALCAIRE YPRÈSIEN
Niveaux B1 et B 2
B2
B2
B2
B2
ZONE PRODUCTIVE
ZONE DE TRANSITION
B1
GAS CAP
SN. REPAL
Alger le 1er Février 1956

Planche 9.

récemment au Sud du champ, à une profondeur de 150 m. L'épaisseur de ce niveau passe de 0 à 128 m. sur une distance de 200 m. Le potentiel initial des puits atteint 35 à 40 m^3/jour avec une pression de fond de 14 kg/cm^2.

La vie éruptive des puits dure en moyenne deux ans pour le niveau B1, six mois pour le niveau B2 et deux mois pour le niveau B3. Cette durée est proportionnelle au volume de chaque lentille.

Le Niveau A, compris dans l'intervalle "marnes et lumachelles" du Lutétien, comporte de haut en bas:

1 à 2 m.	de	grès grossiers,
5 m.	de	marnes avec petits bancs de grès calcaires,
4 m.	de	calcaire gréseux,
2 m.	de	marnes,
3 m.	de	calcaires gréseux.
Total 15 m.		

Les grès du sommet ont une porosité de 14 à 21% et une perméabilité de 9 à 24 md, tandis que les calcaires gréseux ont une porosité moyenne de 8% avec une perméabilité négligeable.

Le niveau est fréquemment étiré et sa puissance réduite à quelques mètres, mais les grès sont présents dans tous les puits ayant donné une production commerciale. La production provient essentiellement de niveau gréseux, les calcaires pouvant fournir en appoint une production de fissure.

Suivant l'élément tectonique auquel il appartient, l'horizon productif a été appelé A1, A2 ou A3. Dans l'élément 0, l'intervalle marnes et lumachelles se charge de nombreux épisodes gréseux qui sont connus sous le nom de niveau C. Cet équivalent du Niveau A pourrait aussi bien s'appeler AO.

Niveau A.1

Le niveau A.1 couvre une superficie de 5 km^2, commercialement productive sur 0 km^2 500 dans une zone où le niveau est redoublé tectoniquement. Le gisement est atteint à une profondeur d'environ 375 m. sur une épaisseur moyenne de 15, 30 ou 45 m. suivant que le niveau est rencontré 1, 2 ou 3 fois.

Ce niveau a été recoupé par les forages d'exploration du niveau

B.1. qui ont été doublés lorsque les caractéristiques du niveau A étaient favorables.

La pression statique initiale est de l'ordre de 28 kg/cm.^{2} Les puits sont parfois éruptifs avec un potentiel initial très variable pouvant atteindre 20 m^3/jour.

Niveau A.2

Le niveau A.2. s'étend sur 2 km^2 800. Il affleure dans la fenêtre tectonique de l'Oued Malah. La région avoisinante est décomprimée, elle n'a pas donné de puits productifs et a été localement envahie par des eaux superficielles (OG. 138, OG. 87). L'aire productive couvre environ 1 km^2. Le gisement a été rencontré à une profondeur moyenne de 200 m. sur une épaisseur maximum de 15 m.

Les puits habituellement espacés de 200 m. ont une pression de fond de 12 à 15 kg. et sont généralement éruptifs avec un débit initial de 4 à 6 m^3/jour.

Citons le puits OG. 3, foré en 1949, encore éruptif, avec une production journalière de 1 m^3, 5 au début de l'année 1956.

Niveau A.3

Le niveau A.3 forme quelques lentilles disséminées dont la superficie globale est de 0 km^2 500. Ce niveau, d'épaisseur souvent réduite, se trouve à une profondeur très variable. Une tentative de mise en production par des forages peu profonds a été abandonnée, la production initiale ne dépassant pas 1 m^3/jour. Le niveau s'est, en outre, révélé aquifère dans plusieurs puits.

Niveau C

Le niveau C est formé d'une série de bancs de grès de 1 à 2 m. séparés par des intervalles marneux. Ce niveau est atteint à environ 600/700 m. dans deux parties séparées de l'élément C. Au Sud du champ, ces niveaux, bien développés (O.G. 76, 115 et 77) ne contiennent que du gaz sous une pression de fond de 28 à 46 kg. et ne sont pas exploitables. Au Nord du champ, seuls les puits OG. 125 et OG. 171 donnent une petite production d'huile qui n'assurerait pas la rentabilité de forages de 600 m. de profondeur.

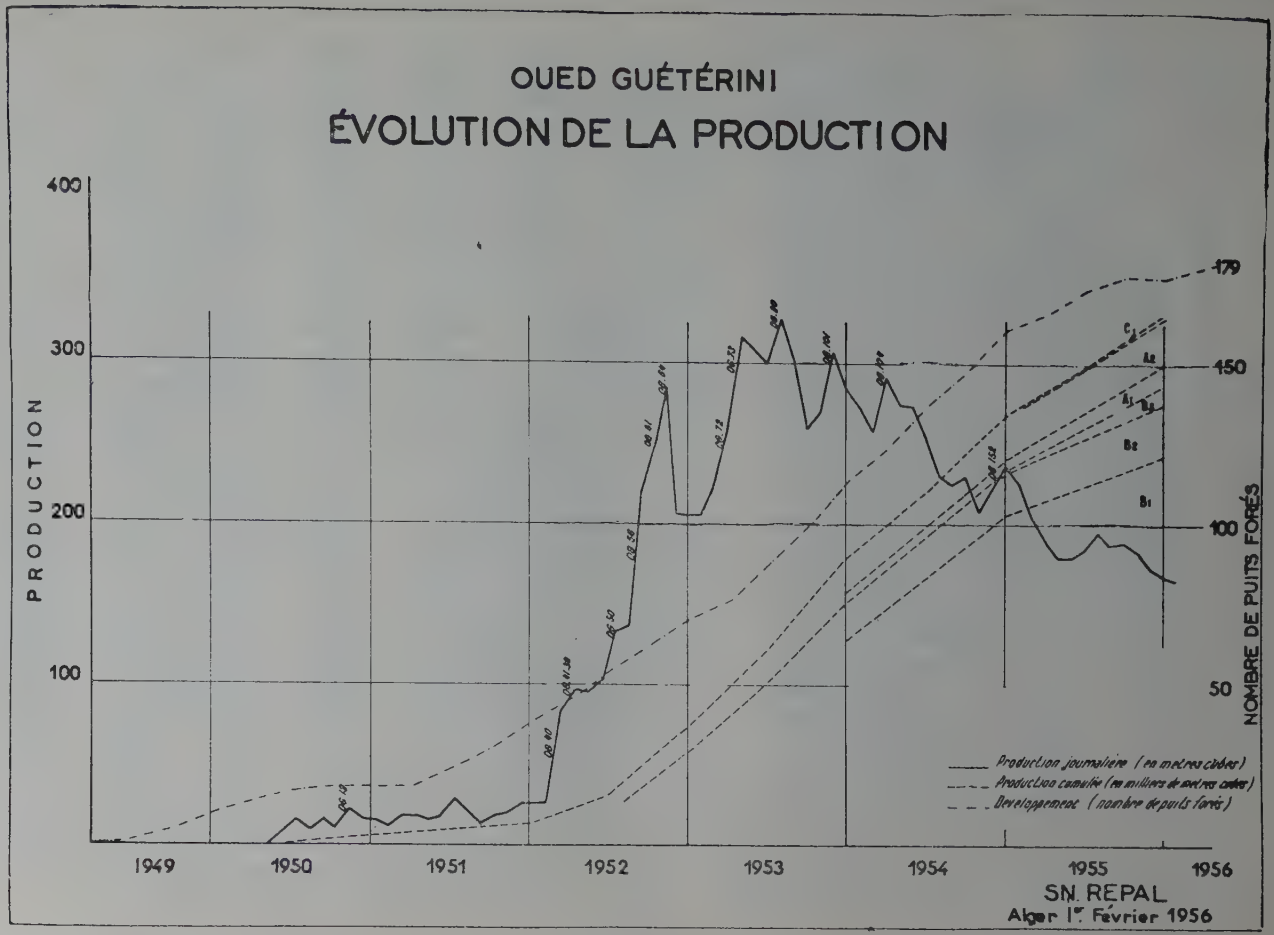

OUED GUÉTÉRINI
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION
PRODUCTION
NOMBRE DE PUITS FORÉS
400
300
200
100
179
150
100
50
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
Production journalière (en mètres cubes)
Production cumulée (en milliers de mètres cubes)
Développement (nombre de puits forés)
SN. REPAL
Alger 1er Février 1956

Planche 10.

FORAGE ET PRODUCTION

Les forages exécutés par des appareils légers de type Rotary sont habituellement effectués avec des tricones de diamètre 6″.

La colonne de mise en production est cimentée au droit de la couche. La mise en production se fait par perforations. Une ou plusieurs acidifications, sous pression, sont nécessaires pour mettre le puits en éruption.

La production s'effectue uniquement par expansion de gaz dissout. Aucun "gas-cap" n'existait à l'origine; sauf dans la zone décomprimée occidentale du niveau B.1., proche de l'affleurement.

La mise en production du champ a rompu l'équilibre primitif provoquant un "G.O.R." croissant et la formation de "gas-cap" secondaires dans les parties hautes ou fortement exploitées du gisement. C'est ainsi que le puits OG. 177, foré en 1956, n'a donnéé que du gaz au centre d'une maille dont tous les puits avaient produit précédement de l'huile.

Ce gisement, de type fissuré, se comporte comme un gisement homogène durant la première phase d'exploitation, puis, brusquement, le "G.O.R." croît rapidement; le puits "étouffe" quand 1/20 environ de l'huile, initialement en place, a été récupérée.

La récupération finale ne dépasse pas 5 à 10% de l'huile en place, sauf pour les horizons gréseux du niveau A où elle atteindrait 20%.

Des essais de récupération secondaire par réinjection de gaz effectués dans le niveau B2 ont été abandonnés. Le gaz envoyé par les puits d'injection se frayait rapidement un passage par de grosses fissures vers les puits de production sans amener de récupération d'huile supplémentaire.

La production totale du champ de l'Oued-Guétérini au 1er Janvier 1956 s'élève à 330.600 m^3 d'huile, soit 90% des réserves estimées récupérables.

Cette huile provient pour 87% des niveaux yprésiens (B1. = 73%; B2. = 10%; B3. = 4%) et 13% seulement des niveaux lutétiens (A1. = 4%; A2. = 9%; A3. et C = 1%).

Les caractéristiques de l'huile brute sont les mêmes dans les niveaux A et B:

Densité: $\frac{4}{15}$ 0,830 (39,2° API);

Viscosité Engler: 31 à 25° C;

Teneur en soufre: 0,25%

Elle donne par distillation atmosphérique:

20,73% d'essence légère (d = 0,704);
17,80% d'essence lourde (d = 0,783);
6,91% de lampant (d = 0,816);
19,20% de gas-oil (d = 0,848).

Il est généralement admis que l'Yprésien est la roche-mère du gisement. In situ, l'Yprésien ne possédait pas les caractéristiques d'une roche magasin. Les contraintes intenses qu'il a subi au cours de son cheminement tectonique ont créé les réseaux fissurés qui ont transformé la roche-mère en roche magasin.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

CAMEROUN

BASSINS SEDIMENTAIRES DU CAMEROUN

Par V. Hourcq *

RESUME

Après avoir rappelé la difficulté de la géologie de terrain due à la rareté des affleurements, l'auteur expose en détail la stratigraphie des séries du bassin de Douala qui, du Crétacé inférieur au Plio-Pléistocène, sont constituées par d'épaisses formations continentales avec quelques intercalations marines datées.

En particulier, il discute l'âge de la série de Mungo en s'appuyant sur les faunes recueillies par R. A. Reyment (Turonien inférieur à Santonien ou Campanien).

L'étude des séries du Tertiaire (de Dizangué, de Bongué et de Bonongando) le conduit à la conclusion que seule la partie inférieure du Tertiaire est représentée par des faciès mixtes, à dominance marine au Nord, à dominance continentale au Sud. Les résultats des sondages montrent la lenticularité des sables et permettent de se représenter le bassin, pendant le Crétacé supérieur, le début du Tertiaire et à partir de l'Eocène supérieur comme un immense delta.

Après avoir remarqué que le bassin de Douala semble peu touché par les manifestations volcaniques de la zone du Mont Cameroun, et fait une esquisse paléogéographique, l'auteur pose le problème du pétrole. Il énumère les nombreux indices, décrit les roches mères et les magasins que l'on peut espérer. Puis il passe à l'historique des recherches qui aboutissent à la découverte d'un petit gisement de gaz à Bomono en 1953, puis aux découvertes récentes de Logbaba et de Souellaba.

INTRODUCTION

La côte occidentale d'Afrique comporte une frange sédimentaire plus ou moins développée, divisée en bassins séparés où affleurent principalement Crétacé et Tertiaire marins.

Séparés par l'avancée du socle de la région de Kribi, deux de ces bassins sédimentaires existent au Cameroun:

* Géologue en Chef de la Société d'Etudes, de Recherches et d'Exploitation de Pétrole au Cameroun.

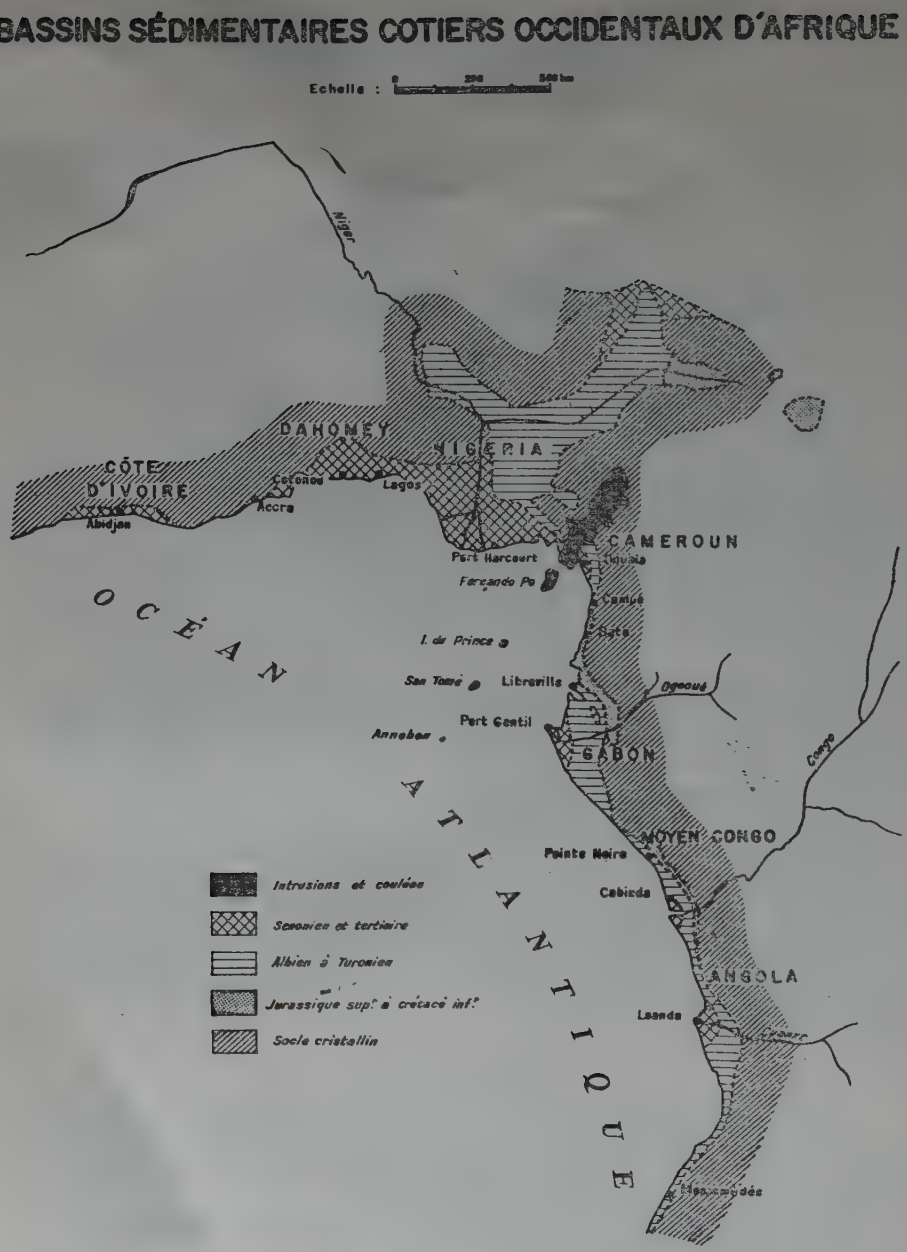


Fig.1

V. NOIRCO CAMEROUN

Fig. 1—Bassins sédimentaires côtiers occidentaux d'Afrique.

—*le bassin de Campo* au Sud, constitue l'extrêmité septentrionale du bassin gabonais et de Guinée espagnole (Bata), ne couvre guère, au Nord du N'Tem, que 45 Km.^{2} du territoire camerounais (1 à 3 Km. de large sur 25 Km. de long), mais présente un grand intérêt paléogéographique.

—*le bassin de Douala,* beaucoup plus vaste (7.000 Km.^{2}) large de 50 à 60 Km. à la hauteur de Douala, se relie au bassin sédimentaire nigérien, dont il est séparé par la zone volcanique du Mont Cameroun (4.000 m.) sur une largeur de 50 Km.

Les recherches de pétrole en cours sont limitées au bassin de Douala.

A. BASSIN DE CAMPO

Reposant normalement sur le socle, on y connaît une série de conglomérats et de grès conglomératiques alternant avec des marnes noires, des marnes rubanées et des calcaires parfois oolithiques, le tout très micacé.

Dans les schistes et marnes noires on a recueilli des empreintes de poissons et des Ammonites mal conservées, mais dont l'une est voisine de Deshaeysites consobrinoides Sinzov, connue au Gabon des marnes d'Awaga (Est Libreville).

Les faciès sont absolument caractéristiques du sommet du Cocobeach gabonais, et l'Ammonite indique un âge Aptien supérieur, correspondant soit au sommet du Cocobeach, soit à la base du Madiéla, comme nous le verrons à propos du Gabon.

L'épaisseur de l'ensemble est de l'ordre de 400 m. et la structure grossièrement monoclinale, accidentée de quelques failles locales avec des pendages Ouest de 8 à 12°.

B. BASSIN DE DOUALA

Sables côtiers, vases de la mangrove, alluvions fluviales récentes, carapaces diverses, sables et argiles pliocènes souvent épais et coulées basaltiques occupent la majeure partie de ce bassin plat et bas.

Les affleurements, rares et souvent peu démonstratifs, localisés aux parties hautes des ruisseaux et aux zones affouillées des berges des rivières, sont très irrégulièrement répartis et ne permettent qu'une connaissance très imparfaite de la succession sédimentaire.

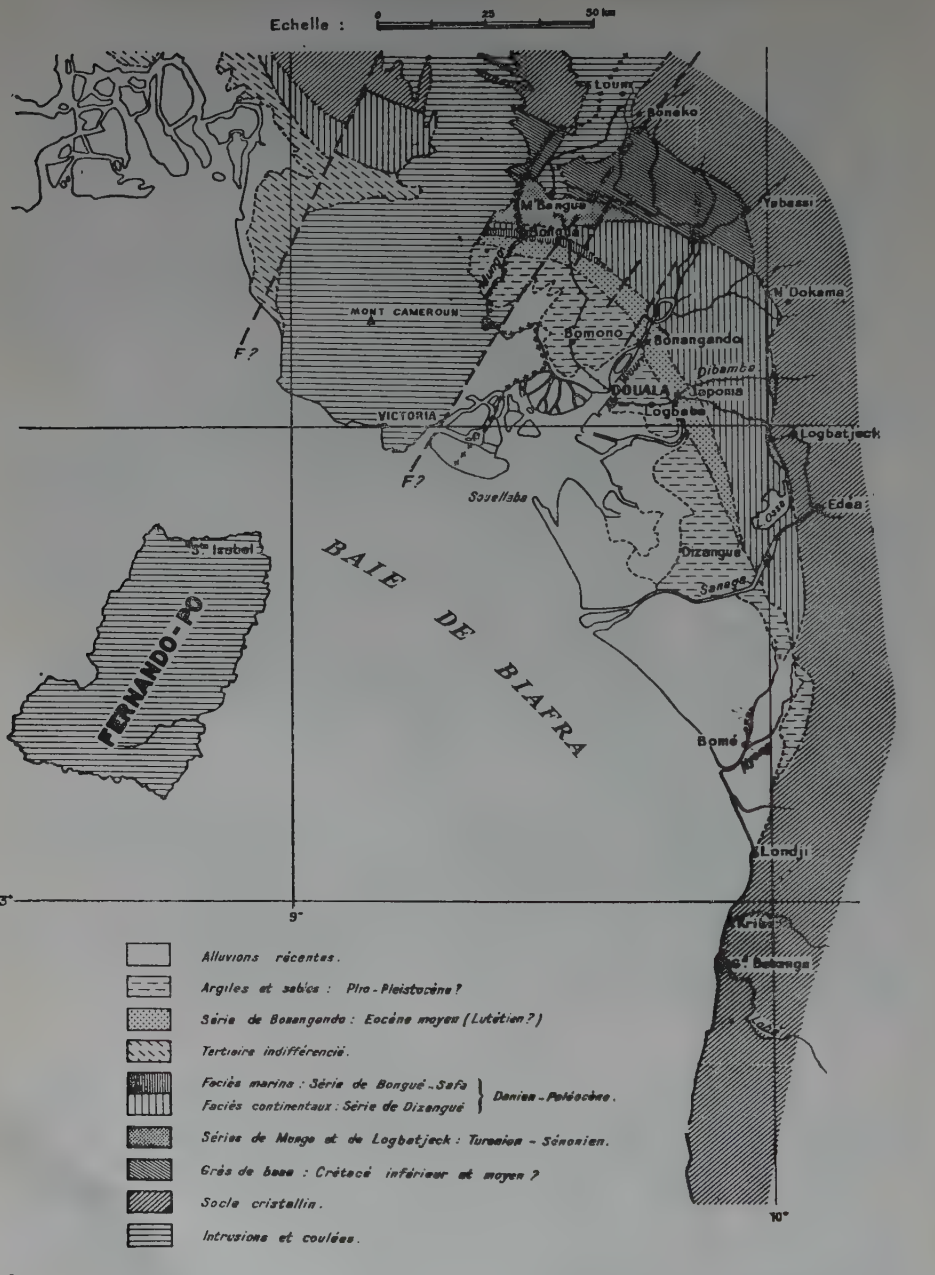


Fig. 2—Esquisse géologique du Cameroun.

I. STRATIGRAPHIE

Pour une épaisseur visible totale de l'ordre de 2.000 m. la série comprend d'épaisses formations continentales ou fluvio-marines séparées par quelques intercalations marines fossilifères datées. On a pu, en surface, reconnaître la succession ci-dessous:

Alluvions récentes, sables côtiers, mangrove.....		Quaternaire
Argiles et sables bariolés.....	100 m. ?	Plio-Pléistocène?
Série de Bonangando.....	400 m.	Eocène inférieur à moyen
Série de Bongué et Dizangué....	600 m.	Crétacé terminal-Paléocène.
Série de Mungo et Logbadjek...	500 m.	Crétacé supérieur
Série des grès de base.....	600 m.	Crétacé inférieur et moyen?
Socle cristallin		

Quelques forages ont permis une meilleure connaissance du Crétacé terminal et du Tertiaire, tandis que les études par sismique réflexion conduisaient à attribuer à l'ensemble de la série sédimentaire une épaisseur de l'ordre de 4.000 m. à Douala, probablement beaucoup plus élevée sur la côte.

A—SÉRIE DES GRÈS DE BASE

Bien représentée dans la partie Nord du bassin et en particulier dans la vallée de la rivière Mungo, on la connaît sous une faible épaisseur et avec quelque doute à l'Est de Douala (Logbadjek).

Reposant en contact normal de transgression sur le socle, elle est constituée par une succession de grès grossiers micacés à intercalations de grès plus fins à traces charbonneuses, et de grès farineux friables. Elle débute parfois par un conglomérat, tandis que son sommet présente des argiles violettes.

La stratification est généralement entrecroisée; aucun fossile n'y a été recueilli.

Le pendage général est SW et l'épaisseur de la série d'environ 600 mètres.

Par analogie avec la série rouge du Gabon, recouverte comme elle par du Turonien, un âge cénomanien lui a été attribué avec doute.

B—CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

Il affleure, avec un développement variable, dans trois régions.

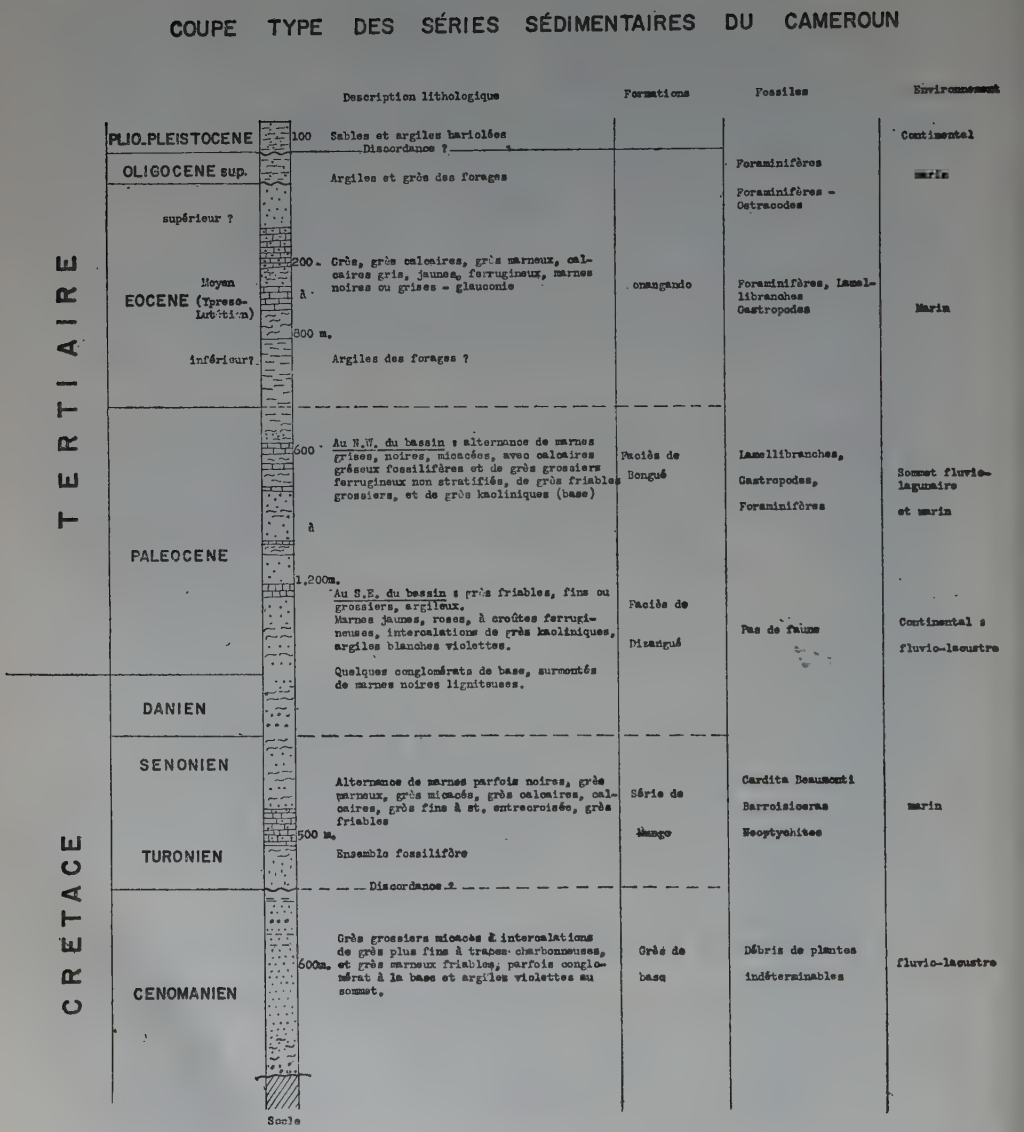


Fig. 3—Coupe type des séries sédimentaires du Cameroun.

1°—*Série de Mungo* (500 m.)

La coupe que fournissent les berges de la rivière Mungo, qui constitue la frontière occidentale actuelle, est classique depuis les descriptions et les études paléontologiques de Van Koenen, Guillemain, Harbort, Solger et Riedel. Elle montre la succession la plus épaisse et la plus complète.

En dépit de failles d'ondulations et de lacunes d'observation parfois importantes, on y relève la série suivante:

9—marnes noires et grès marneux à empreintes de Lamellibranches (Inocerames), pyrite, lignite.	
8—calcaires fossilifères à trainées marneuses et grèseuses (Veniella).	30 m.
7—grès marneux fins, micacés, à nombreuses empreintes de Lamellibranches	120 m.
6—tufs	5 m.
5—marnes et calcaires: Gastropodes, Lamellibranches, lignite et débris phosphatés	60 m.
4—grès fins friables à stratification entrecroisée fine	50 m.
3—grès calcaires à intercalations marneuses et traces charbonneuses, Plicatules, Inocerames	60 m.
2—grès friables marneux, cendres et tufs à la base	35 m.
1—marnes noires à intercalations calcaires en bancs peu épais, Echinides, Lamellibranches, Gastropodes	60 m.

La faune, très riche, est essentiellement composée de Lamellibranches et de Gastropodes, avec quelques Ammonites et Echinides. Ostracodes et Foraminifères sont également assez abondants.

Etudiée par Guillemain (1901), cette coupe lui a fourni des faunes abondantes qui ont fait successivement l'objet d'attributions d'âge variées:

Van Koenen	:	Aptien
Solger	:	Turonien et Emschérien (peut débuter au Cénomanien)
Riedel	:	Emschérien à Maestrichtien compris

Un travail récent de R. A. Reyment contribue considérablement à clarifier les idées à ce point de vue. Cet auteur, en effet, a effectué des récoltes systématiques qui lui ont fourni, en particulier, de l'amont vers l'aval, donc de bas en haut:

1°—Neoptychites telingaeformis Solger
Neoptychites perovalis Van Koenen
Hoplitoïdes ingens Van Koenen
Hoplitoïdes koeneni Solger

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY

Kameruniceras eschi Solger
Pholadomya incurvata Riedel
Rostellaria aff constricta Dall
Modiolus aff typicus Forbes
Cardium (Protocardium) Pauli Coquand
Avicula cf. gastrodes Meek
Aphrodina Wohltmanni Van Koenen
Veniella mortoni Meck
Plicatula flattersi Coquand

2º—Romaniceras aff uchauxiense Collignon
Romaniceras aff deverioides de Grossouvre

3º—Tissotia latelobata Solger
Barroisiceras sp.
Peroniceras latelobatum Riedel
Plicatula cf. hirsuta Coquand
Cardium subperobliqum Riedel
Pseudocucullea lens obliqua Solger
Plicatula cf. renniei Cox
Venericardia nauliensis Cox

4º—Submortoniceras aff soutoni Bailey
Texanites quattuornodosus Lasswitz
Plicatula renniei Cox
Agelasina plenodonta Riedel

5º—Parapachydiscus stallauenses Imkeller
avec de très nombreux Gastropodes et
Lamellibranches, parmi lesquels nous citerons:
Gyrodes tenellus Stoliczka
Gyrodes cf. edura Stoliczka
Ampullospira bulbiformis Sowerby?
Pyrazus elongatus Douvillé
Cerithium cf. annulatum Zek
Nudi vagus simplicus Wade?
Trochifusus pernatus Wade
Volutilithes cf. pseudocostata Noetling
Pleurotoma aff faxensis Ravn
Turris aff kaffraria Griesbach
Ringicula acuta Forbes
Inoceramus niger Riedel (Heinz)
Inoceramus bantu Riedel (Heinz)
Plicatula renniei Cox
Modiola (Inoperna) flabelligera Forbes
Pseudocucullea lens lens Solger
Trigonoarca camerunensis camerunensis Riedel
Trigonoarca camerunensis curvatodonta Riedel

Venericardia nauliensis Cox
Cardium aff perobliquum Van Koenen
Cardium subperobliquum Riedel
Aphrodina cf. thomsoni Woods
Plicatula flattersi Coquand

Les Ammonites conduisent à dater:

le niveau 1 : du Turonien inférieur (Neophychites, Hoplitoides, Kamerunoceras)
le niveau 2 : du Turonien supérieur (Romaniceras)
le niveau 3 : du Coniacien (Tissotia, Barroisiceras, Peroniceras)
le niveau 4 : du Santonien (Texanites) ou Campanien? (Submortoniceras)
le niveau 5 : peut être Campanien (Pachydiscus)

La tectonique assez ample de la série n'est pas encore élucidée dans le détail. Elle complique légèrement le schéma ci-dessus.

La présence du Maestrichtien dans la série était basée autrefois sur la présence d'une Venericardia déterminée par les anciens auteurs comme V. Beaumonti, considérée comme caractéristique du Maestrichtien. Tous les auteurs modernes sont d'accord (Cox, Reyment, Roger) pour rapporter cette Venericardia à l'espèce nauliensis Cox, connue de Gold Coast, où on la date du Campanien. Cependant, le fait qu'elle accompagne ici des Ammonites coniaciennes (niveau 3) et une Ammonite sans doute campanienne (niveau 6), montre que sa répartition verticale n'est pas étroitement localisée et qu'elle ne peut, en aucun cas, indiquer le Maestrichtien.

On peut donc conclure, sur l'étude des Mollusques, que la formation de la rivière Mungo débute au Turonien inférieur pour atteindre le Santonien et même le Campanien.

Foraminifères et Ostracodes ont donné peu d'indications, dont certaines contradictoires avec celles fournies par les Mollusques (M. Lys et N. Grekoff). En effet, d'après les microfaunes, l'ensemble du Mungo serait Santonien et partiellement Maestrichtien probable ou même plus élevé (passage au Paléocène).

Les observations faites sur le terrain peuvent toutefois fournir une explication au problème du Maestrichtien.

En aval de Bombé, semblant recouvrir les dernières marnes fossilifères en concordance, apparaissent des grès continentaux rouges, à stratification souvent entrecroisée, masqués au-delà par des formations récentes.

En outre, les affleurements fossilifères de la rivière Safa (8 Km. E.S.E. de Bombé), sont d'âge Paléocène inférieur, et la coupe générale du Paléocène du réseau de la rivière Bongué (11 Km. E.S.E. de Bombé) montre également diverses intercalations de grès continentaux.

Le sommet du Campanien et une partie plus ou moins importante du Maestrichtien correspondent donc vraisemblablement à un épisode régressif qui se reproduit au Paléocène à plusieurs reprises.

2º—*Série de Logbadjek*

Le Crétacé supérieur est connu dans deux autres localités, où il est beaucoup moins bien développé: Logbadjek et Bomé-sur-Nyong. Il semble à Logbadjek, comme sur la rivière Mungo, que la série marine ne dépasse pas le Campanien.

Quelques forages profonds situés à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de la zone d'affleurement du Crétacé ont montré une succession marine apparemment continue, comportant un Paléocène (et Eocène inférieur ?) fossilifère très développé, une zone de transition Crétacé-Tertiaire (Danien ?), puis un Maestrichtien relativement peu épais, mais bien caractérisé, et enfin un Campanien plus épais dont la base n'a pas été atteinte encore. L'existence du Danien, discutée en Nigéria, par R. A. Reyment, reste douteuse ici.

Nous devons donc admettre des mouvements régressifs au sommet du Crétacé et même dans le Paléocène, dont la trace ne subsiste qu'au voisinage des rivages correspondant à ces époques; l'extension tant latérale que verticale des horizons continentaux qui leur correspondent étant évidemment liée à la morphologie des rivages et à celle du plateau continental, vraisemblablement plat et à faible pente.

C—TERTIAIRE

a—Les travaux de terrain ont conduit à distinguer trois formations dans l'ensemble des sédiments que l'on peut rapporter au Tertiaire.

Ces trois formations, de situation géographique différente, n'ont pu être raccordées entre elles avec certitude, en raison de leurs conditions d'exposition, particulièrement défavorables.

Nous les décrirons donc tout d'abord séparément, pour ensuite tenter une synthèse, basée à la fois sur les observations de surface et sur les résultats des forages.

1—Série de Dizangué
2—Série de Bongué
3—Série de Bonangando

1°—*Série de Dizangué.*

Essentiellement continentale, cette série est particulièrement bien représentée dans la région de Dizangué, sur la rive droite de la Sanaga. Sa zone d'affleurement s'effile de là vers le Sud, où les alluvions récentes la recouvrent, de même que vers le NW, puisqu'on ne la retrouve sur le Mungo que sous une très faible épaisseur.

Débutant parfois par un petit conglomérat, sa masse principale est constituée par plusieurs centaines de mètres de grès friables, fins ou grossiers, blancs, jaunes, rosés, violacés, à traînées et croûtes ferrugineuses, dans lesquels on note des intercalations de grès kaoliniques, d'argiles blanches, grises, violettes, de grès argileux et de grès ferrugineux. A la base, on signale des marnes noires ligniteuses. La stratification entrecroisée est de règle dans les grès.

Cette série est dépourvue de fossiles, sauf dans sa partie tout à fait supérieure où l'on connaît, dans la plantation de Dizangué, un niveau de grès ferrugineux latéritique contenant des moules de Lamellibranches et de Gastropodes d'âge indéterminé.

Toutefois, reposant sur les calcaires et marnes du Campanien de Logbadjek, elle peut correspondre au sommet du Crétacé (Maestrichtien et Danien), au Paléocène, et peut-être à l'Eocène inférieur.

Sa ressemblance avec la série gabonaise de Maningou est frappante.

2°—*Série de Bongué.*

Bien exposée dans le bassin de la rivière Bongué, près de Kompina (chemin de fer du Nord), épaisse de 370 m. au total, elle présente la coupe suivante:

6—marnes grises ou noires, micacées, parfois glauconieuses et calcaires parfois gréseux, parfois lumachelliques, avec Crustacés, Lamellibranches, Gastropodes, Foraminifères et Ostracodes	60 m.
5—grès ferrugineux grossiers sans stratification	40 m.
4—marnes grises à galets, Lamellibranches	30 m.
3—grès friables grossiers à stratification entrecroisée, intercalations de marnes noires litées	40 m.
2—grès marneux à lignite	40 m.
1—grès friables kaoliniques	150 m.

Les fossiles principaux:

Rostellaria costellata Leymerie
Campanile claytonense Aldrich
Venericardia cf. densata Conrad

auxquels s'ajoutent quelques Foraminifères:

Eponides elevatus Plummer
Discorbis newmannae Plummer
Robulus sp.

convergent pour indiquer le Paléocène.

Cette série est remarquable par les intercalations grèseuses continentales qu'elle renferme, dont les faciès sont très proches de ceux de la série de Dizangué. Bien qu'il soit impossible d'en faire la preuve directe sur le terrain, il paraît certain que Bongué est l'équivalent d'une partie au moins du Dizangué.

3º—*Série de Bonangando.*

Cette série tire son nom du village de Bonangando (rivière Wouri), près duquel un très petit affleurement fossilifère, qui n'a pu être retrouvé, a fourni la faune décrite en 1904 par P. Oppenheim.

Il est impossible de donner la description complète d'une succession dont on n'observe que des fragments impossibles à raccorder entre eux.

Les faciès les plus fréquents sont des grès, souvent calcaires, parfois marneux, des calcaires gris ou jaunes, plus ou moins ferrugineux, des marnes noires ou grises. La glauconie y est fréquente.

L'ensemble est souvent fossilifère, particulièrement en ce qui concerne les marnes et les calcaires, et on peut en estimer l'épaisseur totale à 300 mètres environ.

P. Oppenheim y a cité:

Anomia cf. planulata Desh.
Lucina sp. aff. saxorum Lamarck
Cytherea nitidula Lmk
Cytherea elegans Lmk
Tellina (Arcopagia) subrotunda Desh.
Calyptrae aperta Stol.

avec de très nombreuses espèces nouvelles de Lamellibranches et de Gastropodes.

Une faune très comparable, recueillie près de Bonangando, dans un affleurement visible à marée basse, déterminée par J. Roger, a fourni en dehors de nombreuses espèces d'Oppenheim:

Anomia cf. tenuistriata Desh.
Ostrea gr. de multicostata Desh.
Venus nitidula Lmk
Cardium (Trachycardium) porulusum Solander
Sycum bulbiforme Lmk

avec quelques Ostracodes.

La première faune, grâce aux espèces déjà connues et aux affinités montrées par les espèces nouvelles, ont conduit Oppenheim à la dater du Lutétien et à la comparer avec celles du Bassin de Paris.

Quant à la seconde, très proche de la précédente, J. Roger la considère comme Eocène inférieur, Yprésien probable, tandis que les Ostracodes indiqueraient le Paléocène ou l'Eocène inférieur.

Résumant les observations de terrain, nous noterons:

— le sommet du Crétacé semble indiquer une régression généralisée.
— la marge sud du bassin (environs Nord et Sud de la rivière Sanaga) est le domaine de la série continentale de Dizangué, dont le sommet est d'âge indéterminé.
— la partie Nord montre une série mixte, marine à intercalations continentales, dont la partie supérieure est Paléocène à Bongué, Eocène inférieur ou Paléocène aux environs de Bonangando, tandis qu'un gisement fossilifère de cette dernière localité est considéré comme Eocène moyen.

On pourrait donc en conclure que seule la partie inférieure du Tertiaire est représentée par des faciès mixtes, à dominance marine au Nord, à dominance continentale au Sud.

b—Si nous nous reportons maintenant aux forages, les renseignements obtenus sont les suivants:

1°—*Région de Bomono.*

La région de Bomono a fait l'objet de deux forages profonds qui y ont montré une série plus complète du Tertiaire, avec des caractéristiques sédimentaires comparables: faciès surtout argileux avec intercalations de sables ou grès lenticulaires.

La coupe du forage BO 101 peut se résumer ainsi qu'il suit:

0 à 187	— couverture de sables et graviers récents ou subrécents	
187 à 445	— Operculina, Heterostegina, Spiroclypeus, Miogypsina	Oligocène supérieur
445 à 600	— Bolivines, Hopkinsines	Oligocène inférieur ou Eocène supérieur
600 à 2000	— Eponides, Loxostomum	Paléocène et Eocène inférieur?
2000 à 2210	— Siphogenerinoides	Transition Crétacé-Tertiaire (Danien?)
2210 au fond	— Bolivinoides sp. 1	Maestrichtien probable

Une discordance soulignée par une lacune se situe à 600 m. environ, entre Paléocène et Eocène inférieur (?) et Eocène supérieur ou Oligocène inférieur.

2º—*Souellaba*

Le forage stratigraphique de Souellaba se situe sur la côte, à 30 Km. au SW de Douala.

Dans une série presque uniquement argileuse et azoïque sur de grandes épaisseurs, il a mis en évidence cependant:

— une zone supérieure qui pourrait être Miocène ou Sub récente (20 à 60 m.)

— une zone à grands Foraminifères: Operculine, Miogypsines... de l'Oligocène supérieur (vers 400-500 m.)

— une zone à Hopkinsina et Bolivina: Eocène supérieur probable (800 à 1300 m.)

— une zone azoïque (1300 à 2500 m.)

— une faune médiocre, vers 2600 à 2700 m., qui pourrait indiquer du Paléocène, ou tout au plus, l'extrême sommet du Crétacé.

De l'ensemble de ces informations, il résulte que:

1—le passage du Crétacé au Tertiaire est continu, sous des faciès marins: Campanien, Maestrichtien et peut-être Danien y sont représentés.

2—le Paléocène et peut-être l'Eocène inférieur sont bien développés et marins à BO 101 sur 1400 m. d'épaisseur apparente (les pendages observés peuvent ramener cette épaisseur à 1000 m.)

3—le Paléocène est parfois partiellement marin.

4—On n'a jamais observé d'Eocène moyen en forage.

5—Eocène supérieur ou Oligocène inférieur et Oligocène supérieur sont également représentés et marins.

Si l'on compare ces résultats aux conclusions auxquelles les observations de surface nous ont amenés, on est conduit à admettre le passage des horizons continentaux des bords du bassin à des faciès marins vers le large. Il faut donc supposer des rivages bas et plats sur lesquels de faibles variations de niveau de la mer provoquaient d'importantes modifications des lignes de rivage. On peut ainsi concevoir l'intrication étroite et fine des faciès continentaux et des faciès marins. Les caractéristiques de la sédimentation et, en particulier, la lenticularité des sables, évoqueraient d'ailleurs un immense delta largement ouvert sur la mer.

Cette situation semble s'être maintenue pendant le Crétacé supérieur et le début du Tertiaire, pour s'interrompre pendant l'Eocène moyen, et se rétablir à l'Eocène supérieur ou Oligocène inférieur.

Le problème de la présence de l'Eocène moyen se pose donc. Il semble qu'on puisse conclure, des déterminations de J. Roger pour les faunes de Bonangando, des arguments apportés par les microfaunes, tant sur le terrain que dans les forages, que la détermination d'âge formulée par Oppenheim est erronée, et qu'il s'agit, dans l'affleurement typique de Bonangando qu'il a décrit, d'Eocène inférieur et non d'Eocène moyen.

D—SABLES ET ARGILES BARIOLÉS

Il s'agit ici de sables souvent grossiers, généralement entrecroisés, parfois marneux, kaoliniques, à intercalations ferrugineuses fréquentes, de couleur jaune, rose, violacée, passant à des argiles pures bariolées. Dépourvus de fossiles, ils reposent en discordance sur toutes les séries et sont datés, pour cette raison, par analogie avec les régions voisines, du Plio-Pleistocène.

Très proches, par leur aspect, des sables et argiles de la série Crétacé et Paléocène de Dizangué, ces faciès ont été autrefois confondus avec les premiers et englobés avec eux dans une "série de Pitti" qui comprenait donc deux formations d'âge différent et dont le nom doit ainsi disparaître de la nomenclature.

Leur épaisseur est indéterminée, généralement faible (20 à 50 m.) et dépasse rarement 100 m.

E—QUATERNAIRE

Sables côtiers, vases noires de la mangrove et alluvions récentes des fleuves représentent les sédiments actuels. Des forages effectués dans le lit du Wouri ont montré qu'à un creusement important a succédé une phase active de remblaiement car l'épaisseur des alluvions rencontrées là atteint 50 mètres.

Faute d'avoir pu effectuer un nivellement précis, les terrasses anciennes n'ont pu être individualisées.

On doit également rattacher au Quaternaire certaines carapaces résultant du lavage des sables et argiles bariolés, qui n'en ont pas été séparées sur la carte.

II. VOLCANISME

Malgré la proximité des manifestations volcaniques considérables de l'immense zone allant du Mont Cameroun à l'île Annobon, la zone sédimentaire du Cameroun n'en a subi que des contrecoups sans grande ampleur.

Les coulées basaltiques de la région de M'Banga reposent au Nord directement sur le socle, puis sur une surface érodée des grès de base, s'avançant même à leur extrémité méridionale jusqu'à la partie inférieure du Crétacé supérieur. La présence de blocs basaltiques, plus bas sur le Mungo, témoigne probablement d'une extension antérieure plus vaste.

L'épaisseur des coulées, indéterminée en raison des conditions d'observation, paraît faible.

Leur âge ne peut être indiqué. Mais la présence, dans le Crétacé supérieur du Mungo, de tufs basaltiques et de cendres déjà indiqués par Guillemain, montre que ces phénomènes ont débuté au Crétacé supérieur. Cette observation n'est pas confirmée par A. R. Reyment bien que l'existence de tufs volcaniques paraissant interstratifiés au Coniacien-Santonien ne soit pas douteuse. Ils se sont poursuivis, avec de longues périodes de repos, jusqu'à une époque récente.

Aucune intrusion n'est connue dans le bassin de Douala. Assez paradoxalement donc, quelques failles peu importantes sont ici les seuls témoins d'évènements qui sont à l'échelle du globe.

III. STRUCTURE SUPERFICIELLE

Le contact sédimentaire cristallin, partout où il a été observé, est un contact normal de transgression, parfois marqué d'un conglomérat, le long duquel le pendage des couches sédimentaires est généralement faible. Dans la région de Logbadjek et du lac Ossa cependant, où il atteint 10 à 20°, il semble que ce phénomène soit lié à un important tassement dans une épaisse série déposée le long d'une falaise, plutôt qu'à une faille.

La structure est monoclinale, avec des plongements W et SW de plus en plus faibles vers la côte. Si la présence de failles est rendue nécessaire pour l'interprétation stratigraphique, ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'elles se traduisent sur le terrain par des pendages anormaux: leur position exacte, leur extension et leur rejet sont généralement impossibles à préciser. Deux directions semblent prédominer, identiques à celles mises en évidence au Gabon, l'une SW-NE, la seconde grossièrement perpendiculaire à la première, soit SE-NW. Nous soulignerons la concordance que montrent les éléments principaux du réseau fluvial avec ces directions en ce qui concerne le Wouri et ses affluents, concordance déjà notée par les géologues allemands.

Geze a indiqué, de part et d'autre de la zone volcanique du Mont Cameroun, deux failles parallèles, orientées SW-NE, dont l'une traverserait la partie Nord du bassin sédimentaire camerounais. Aucun argument favorable à cette interprétation n'a pu être tiré des études de terrain; on n'a observé ni rejet vertical ni décrochement transversal.

Il nous paraît beaucoup plus probable que les émissions volcaniques se sont produites par des fissures traduisant un état de tension de la croûte sialique dans cette région du globe. Cette opinion est corroborée par le fait qu'aucun accident important n'est perceptible de part et d'autre de la zone volcanique, qui ne présente aucune des caractéristiques bien connues des "rift valleys".

IV. PALEOGEOGRAPHIE

Quant à la paléogéographie, nous indiquerons:

—les sédiments du bassin de Campo correspondent au premier épisode marin connu dans cette partie de l'Afrique, soit Aptien supérieur. Ces sédiments

ne sont pas représentés en surface dans le bassin de Douala où, selon toute probabilité, ils existent cependant en profondeur.

—les grès de base correspondent à un épisode continental mal daté, mais qui, postérieur à l'Aptien-Albien, pourrait être parallélisé avec la série rouge gabonaise (Cénomanien ?).

—le Turonien est transgressif et marin, et marque le début d'un épisode marin qui, en dépit de variations de profondeur des eaux, se prolonge vraisemblablement jusqu'au Campanien.

—Maestrichtien et Danien semblent marqués par une régression, d'ailleurs notée au Gabon, et qui paraît générale dans les bassins côtiers africains.

—cette régression est ici de courte durée, et le Paléocène correspond au retour d'une mer peu profonde dont la présence semble se maintenir durant l'Eocène inférieur jusque, peut-être, au Lutétien.

—nouvelle régression alors, accompagnée d'une émersion et d'une érosion probables, suivie du dépôt au Plio-Pléistocène (?) de sédiments continentaux.

—après un creusement actif nous assistons aujourd'hui à un remblaiement.

—pas de mouvements tectoniques à proprement parler, sinon des gauchissements d'ensemble de certaines zones, une subsidence active, dont l'âge ne peut être connu et, enfin, un épisode de fractures, d'ailleurs peu importantes, contemporaines des paroxysmes volcaniques, débutant au Crétacé supérieur pour s'étendre jusqu'au Miocène (?).

V. LE PROBLEME PETROLIER

Les indices de pétrole sont assez nombreux et répartis en deux groupes géographiques, chaque groupe présentant des caractères différents.

—le premier de ces groupes se situe à l'intérieur du bassin, dans des sédiments mal datés. Il s'agit là d'indices inertes.

—le second, beaucoup plus intéressant, comporte trois indices principaux alignés suivant une direction SE-NW, qui apparaissent dans des sédiments récents aux environs SE et NW de Douala. Ce sont des indices vifs, dont certains sont très légers (Logbaba) et parfois accompagnés de gaz. Leur constitution chimique est identique et l'on peut penser qu'ils ont la même origine et auraient subi des modifications identiques durant leur migration, probablement liée à des failles. Ils sont à peu près totalement dépourvus de soufre.

Il existe dans les séries marines connues des faciès qui peuvent être considérés comme générateurs d'huile, cela dans le Crétacé supérieur et surtout le Tertiaire. On peut penser également que des séries correspondant au Cocobeach gabonais peuvent être représentées en

profondeur, sous des faciès analogues à ceux qu'on leur connaît au Gabon.

On aurait ainsi d'abondantes roches-mères et une protection bien assurée par l'abondance des argiles dans les successions du Crétacé supérieur et du Tertiaire. La question des magasins, par contre, est mal élucidée. On devra évidemment obtenir par forage des indications sur la série sédimentaire infra crétacée. Mais on peut considérer la présence de sables ou de grès satisfaisants à ce point de vue comme certaine, à la fois dans le Crétacé supérieur et entre Crétacé et Eocène inférieur. Dans le Tertiaire on n'a jusqu'ici observé que des horizons lenticulaires de sables plus ou moins argileux de petites dimensions qui laissent espérer la présence de magasins plus développés dans certaines parties du bassin.

Les pièges attendus peuvent être de divers types. Si la structure, en surface, paraît calme et monoclinale, il semble que le Crétacé supérieur, séparé du Tertiaire par une discordance nette, présente des accidents importants et peut-être des plissements, comparables à ceux que l'on connaît en Nigéria. On peut donc y attendre des pièges structuraux, soit anticlinaux, soit liés à des failles, soit liés à la discordance principale. Le Tertiaire, d'après les indications données par la sismique, serait plat, dépourvu d'ondulations. La succession qu'on y connaît est à dominance argileuse, et l'on ne peut guère, jusqu'ici, compter y trouver que des pièges sédimentaires.

On peut donc schématiquement séparer deux problèmes:

—le problème du Crétacé supérieur (jusqu'au Paléocène) et des séries sous-jacentes inconnues;

—le problème du Tertiaire post Paléocène.

VI. TRAVAUX EFFECTUES

La première phase des travaux a consisté, comme il est classique, en une reconnaissance générale géologique du bassin qui, conduite par un seul géologue, a duré plus de deux années.

Plus de la moitié occidentale du bassin s'est révèlée impénétrable à cause de la mangrove et des marais. Elle est d'ailleurs dépourvue d'affleurements. Le reste du bassin a pu être cartographié suivant les méthodes mises au point au Gabon. Les affleurements s'y sont révélés peu abondants.

Dans le même esprit, une carte gravimétrique a ensuite été obtenue de la région située au Nord de la Sanaga, zône côtière non comprise. par l'exécution de 1,000 mesures réparties à raison d'une mesure pour 5 Km^2. Une telle densité de mesures ne pouvait mettre en évidence que des mouvements assez vastes qui sont:

—l'enfoncement du socle cristallin, très rapide au Sud, plus progressif au centre.
—l'existence d'un ensellement entre deux zones lourdes à l'E.N.E. de Douala.
—l'identification d'une vaste remontée des valeurs vers l'Océan, probablement due à une hétérogénéité du socle, au moins en partie.

Il était dès lors intéressant d'étudier diverses anomalies par une méthode qui ne serait pas influencée par les phénomènes que l'on situe dans le socle, telle que la tellurique. Une étude tellurique accompagnée de sondages électriques fut donc exécutée en 1950, pendant près de 4 mois. La concordance d'ensemble entre résultats gravimétriques et telluriques est excellente, confirmant l'interprétation structurale proposée d'après la gravimétrie.

La phase de reconnaissance générale était terminée. Les résultats étaient jugés assez favorables pour justifier la poursuite des recherches.

Le climat assez particulier du Bas Cameroun, où les précipitations dépassent 4 mètres par an, devrait nous conduire à une activité limitée à la saison sèche, soit de Novembre à Mars ou Avril.

Dés 1950, un essai de sismique fut effectué dans l'ensemble du bassin. Ses résultats furent assez médiocres et très irréguliers. Ils étaient de toute façon insuffisants pour nous renseigner sur la structure des couches même relativement superficielles.

Dans ces conditions, une première campagne de core drill à effectuer avec un appareil léger mobile capable de 1200 m. fut prévue pour fin 1951-1952 dans la zone de l'indice de Logbaba. Elle devait:

1—nous apporter des renseignements stratigraphiques sur des séries inconnues à l'affleurement;
2—confirmer ou infirmer l'hypothèse initiale faite sur l'existence d'une faille SE-NW à laquelle les indices connus étaient supposés rattachés en fonction de leur alignement.

A l'issue de cette campagne (10.539 m. forés pour 17 puits), l'existence d'une épaisse série paléocène était démontrée sous une formation continentale dépourvue de faune, tandis que les puits les plus profonds atteignaient le sommet du Crétacé. Au point de vue structural, les

couches atteintes se révèlaient calmes, à pendages SW, accidentées seulement de failles à faible rejet. Quelques indices étaient rencontrés dans certains puits, dépourvus toutefois d'intérêt pratique.

Simultanément, une courte campagne de sismique avait lieu, qui précisait les quelques indications structurales obtenues par forage, sans apporter cependant d'éléments nouveaux importants.

En 1952-1953, une campagne de core drill identique a été exécutée à Bomono, en même temps qu'une étude sismique. Elle devait aboutir à la découverte, à faible profondeur (600 m.), d'un gisement de gaz à l'Ouest de Bomono.

L'étude et le développement de ce gisement devaient être poursuivis en fin 1953, en même temps que des travaux sismiques conduisant à l'hypothèse d'un anticlinal situé sous la discordance placée au-dessus du Paléocène. Cette hypothèse était basée sur des analogies électriques assez imprécises et sur les résultats de la sismique. Plusieurs forages, dans le même laps de temps, donnaient du gaz.

L'exploration plus profonde de cet accident devenait nécessaire, en même temps qu'avaient lieu divers essais sur les puits producteurs.

L'ensemble des résultats, à la fin des forages profonds et des essais, nous a conduit à abandonner l'hypothèse d'un anticlinal.

En effet, les essais ont montré qu'il s'agissait de lentilles sableuses séparées, qui n'étaient pas nécessairement strictement au même niveau stratigraphique, dans lesquelles les réserves de gaz sont peu élevées. Les deux puits profonds, dont un seul a rencontré de beaux magasins contenant de l'eau salée, confirmant la lenticularité des sables, ont également mis en évidence des pendages anormaux qui s'opposent à l'interprétation anticlinale et suggèreraient plutôt une remontée des couches profondes vers l'Ouest, où elles seraient alors tronquées par la discordance sus-jacente. Il était donc nécessaire d'améliorer nos connaissances profondes par sismique, en étendant les recherches pour tenter de mettre en évidence des corps sableux plus importants. Mais la preuve était faite, localement, des possibilités de pièges structuraux dans le Paléocène et le Crétacé, sous la discordance.

Ainsi se précisaient les deux problèmes énoncés plus haut:

1°—Pour le premier de ces problèmes, il était dès lors nécessaire d'étendre les études sismiques vers le nord de Bomono et dans toute la région comprise entre Wouri et Sanaga.

Le programme réalisé en 1954-1955 a montré:

—dans la zone Nord Bomono, une structure complexe, ondulée et faillée, avec quelques indications anticlinales dont l'étude complémentaire fera l'objet de travaux de sismique de détail en fin 1955 et début 1956. Les structures concernent Crétacé et Paléocène.

—dans la zone Wouri-Sanaga, l'aspect structural est beaucoup plus calme. Les résultats obtenus sont insuffisants pour une bonne compréhension des formes, et des travaux complémentaires y sont nécessaires.

Simultanément, l'ensemble des études sismiques effectuées dans la région de Logbaba, aux environs de l'indice avait mis en évidence une structure fermée, au Sud immédiat de l'indice, qu'il était nécessaire de tester par forage.

Ce puits, désigné par l'indicatif LA 101, a montré des indices d'huile et d'importants indices de gaz dans deux couches.

La première couche, de 4 m. d'épaisseur (1595-1599), formée de sables poreux (20 à 30%) et perméables (150 à 600 md) avec quelques lits argileux fins intercalés, a donné du gaz humide. La pression de couche était de 267 Kg/cm^2.

La seconde couche, à 1764 m., n'a été d'abord pénétrée que sur 1 m. La rupture des coins du schaffer supérieur a provoqué une éruption totale non contrôlée au cours de laquelle, pendant 40 jours, le puits a débité de 750.000 à 1.000.000 de m^3/jour de gaz.

Repris ensuite, ce forage a traversé, sur une trentaine de mètres, une série surtout gréso-sableuse qui semble correspondre à un chenal fossile. Le puits a été complété et les essais de production vont débuter.

Enfin, devant l'insuffisante pénétration en profondeur de la sismique réflexion, quelques profils de sismique réfraction étaient exécutés en 1955, dont le but était de rechercher l'allure du fond du bassin. Les résultats obtenus, assez satisfaisants, montrent que la surface du substratum caractérisée par la vitesse élevée de propagation des ondes sismiques et donc considérée comme étant le socle cristallin est sensiblement plate et s'ennoie vers le SW, avec une pente comprise entre 5 à 8°. L'épaisseur sédimentaire prévisible sous LA 101 peut atteindre 3.600 m. Elle justifie l'exécution d'un forage profond destiné essentiellement à l'étude de la section sédimentaire crétacée.

L'aspect subhorizontal des séries sédimentaires supérieures, montré par l'allure des réfracteurs intermédiaires qui y ont été observés, divergeant nettement du socle incliné, permet d'espérer la présence de biseaux fermés le long du socle, qui devront être explorés par forage.

2º—Pour le second, par contre, l'exploration devait couvrir une surface considérable (plus de la moitié du bassin), dans une région couverte, à très peu près, de mangrove et de marais. Les excellents résultats obtenus en sismique fluviale au Gabon nous amenèrent à adopter la même méthode, et une équipe sismique a utilisé les nombreuses voies navigables, l'estuaire du Wouri, et même la zone maritime côtière, fournissant, en fin 1954, 770 kilomètres de profils (645 en fluviale, 125 en marine).

D'une façon générale, les résultats sont bons en ce qui concerne le Tertiaire, qui se révèle à peu près dépourvu d'accidents, avec un très faible pendage régional vers la mer. Mais la pénétration est insuffisante pour donner des indications concernant le Crétacé, et des améliorations sont souhaitables dans ce sens.

Parallèlement à cette étude géophysique, un forage stratigraphique était implanté à la pointe Souellaba, point accessible le plus éloigné du socle. Ce forage a montré une section surtout argileuse dont l'âge est mal déterminé. Il est toutefois à peu près certain qu'à 2.600 mètres il était encore dans le Paléocène. Sa partie inférieure a fourni des indications très intéressantes puisque divers tests ont donné des quantités très appréciables d'huile accompagnée de gaz. Malheureusement, l'appareil était à la limite de puissance, et le forage a dû être arrêté sur une instrumentation à 2.697 m.

Doublé par un second puits foré par un appareil plus puissant, il a confirmé les indications du forage précédent. Il a, en particulier, rencontré un niveau gréseux, entre 2.519 et 2.532 m. qui a donné, aux essais, des productions d'huile allant de 100 à 250 mètres cubes/jour, avec un G.O.R. de 400 environ, pour des duses allant de ¼ à ½". Un forage d'extension est en préparation.

L'ensemble des travaux effectués au 1er Janvier 1956 est résumé par les chiffres suivants:

Géologie	24	mois/Géologue
Gravimétrie (Reconnaissance) ..	4,6	mois/équipe
Gravimétrie (Détail)	2	mois/équipe
Tellurique	3,7	mois/équipe
Sismique réflexion terrestre	31,55	mois/équipe
Sismique réflexion fluviale	8,37	mois/équipe
Sismique réflexion marine	2	mois/équipe
Sismique réfraction	3	mois/équipe

Forages core drill ..... 22.742,10 m.
Forages (appareil moyen) ..... 13.867 m.

PUITS FORES AU CAMEROUN AU 1er JANVIER 1956

Indicatif	Localité	Date début	Date fin	Profondeur finale	Etage atteint	Observations
BO 101	Bomono	29/12/1953	11/3/1954	2.246,20 m.	Crétacé supér.	
BO 102	Bomono	30/ 5/1954	19/8/1954	2.578 m.	d°	
SA 1	Souellaba	24/ 9/1954	6/1/1955	2.697,10 m.	Paléocène	indices huile et gaz
LA 101	Logbaba	13/ 3/1955	6/5/1955	1.764 m.	Crét. Sup.	gaz
SA 2	Souellaba	22/ 7/1955	drilling	2.584 m.	Paléocène	huile, gaz
LA 102	Logbaba	24/ 8/1955	drilling	1.884 m.	Crét. Sup.	gaz
LA 103	Logbaba	25/12/1955	drilling	114 m.	Paléocène	

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

CONGO BELGE

ETAT DES CONNAISSANCES CONCERNANT L'EXISTENCE DE GISEMENTS DE PETROLE AU CONGO BELGE ET AU RUANDA-URUNDI

Par P. Evrard et J. Lepersonne

ABSTRACT

In Belgian Congo and Ruanda-Urundi no workable occurrence of oil or gas has as yet been found with the exception of recently discovered gas in lake Kivu.

The three areas which have been considered most favorable for oil prospection are:

a) A narrow fringe along the Atlantic coast which is a portion of a long stretch of Mesozoic and Caenozoic deposits occuring more or less continuously from Angola to Nigeria. In the Belgian Congo portion, numerous seepages of bitumen are known and asphaltic and bituminous rocks are quarried. In 1939-1940 a surface reconnaissance was carried out over most of this area but was interrupted by the war.

b) On the Congo side of the northern portion of the Western Rift Valley (Lake Albert and Semliki River) a thick filling of Pleistocene and Miocene rocks of lacustrine origin is known. Seepages of oil are observed. Geological surface exploration is advanced; a reconnaissance for oil, in 1938, was prematurely interrupted. In the southern part of the Western Rift Valley, north of Lake Tanganyika, one seepage of oil and some bituminous deposits are also known. These interesting areas are, however, comparatively small.

c) The Congo basin, on the other hand, has a diameter of approximately 800 km. Quaternary, Pliocene, Cretaceous, Jurassic and pre Jurassic, mainly continental beds are known, and, on the eastern rim, Upper Carboniferous and Permian continental beds exist. These beds are mainly horizontal or with dips not greater than a few degrees. No indication of oil has been observed but bituminous shales are well developped at various levels. An extensive exploration of the Congo basin began in 1951: it comprises seismologic, gravimetric and magnetic surveys, surface geology and a certain number of reconnaissance wells, one of which is completed (2940 m) and another under way.

The lake Kivu gas occurrence is summarily described.

GENERALITES

Aucun gisement de pétrole ou de gaz n'a été décelé jusqu'à présent dans le sous-sol du Congo belge et du Ruanda-Urundi (L. Cahen 1954, pp. 529-531) ; [1] un gisement de gaz sous-lacustre a été découvert récemment au lac Kivu (D. M. Schmitz et J. Kufferath, 1955). Cet exposé se bornera donc à énumérer les régions où existent des structures géologiques ou des indices d'hydrocarbures ayant justifié des recherches, à décrire succinctement leur géologie et à faire le relevé des travaux d'exploration effectués; il sera complété par une brève description du gisement de gaz sous-lacustre.

Trois régions ont retenu l'attention jusqu'à présent:

la *zone littorale* en bordure de l'Océan Atlantique;

le *fossé tectonique centre africain (Western Rift Valley)* s'étendant le long de la frontière de l'est du Congo, depuis le lac Albert jusqu'au lac Tanganika;

la *cuvette congolaise* qui occupe tout le centre du bassin du Congo.

LA ZONE LITTORALE

Cette région forme une bande large de 60 à 80 km en bordure de l'Atlantique; elle est occupée par la plaine côtière et des plateaux s'élevant vers l'intérieur par deux ou trois paliers jusqu'à l'altitude de 200 m environ.

La constitution gélogique du sous-sol est relativement bien connue. (L. Cahen 1954, ch. XV).

STRATIGRAPHIE

De haut en bas, la succession des terrains est la suivante:

4. Plio-Pléistocène: continental, épaisseur pouvant atteindre 60 à 80 m.
3. Tertiaire: un Tertiaire supérieur continental non daté, épais de 50 à 70 m, repose directement sur l'Eocène marin au Congo

[1] Afin d'éviter une trop longue liste de références bibliographiques, les auteurs se sont borné à citer les travaux de caractère général où le lecteur pourra trouver une source de documentation, certains travaux spécialisés et les études postérieures aux travaux de caractère général cités.

belge; dans l'Enclave de Cabinda, une faible épaisseur de Miocène inférieur marin s'intercale entre ces deux formations. L'épaisseur connue de l'Eocène est de l'ordre de 100 m.

2. Crétacé marin: épais d'au moins 600 m, le Crétacé marin débute à l'Albien et comporte en outre du Cénomanien (?), Turonien, du Sénonien et du Maestrichtien.
1. "Grès sublittoraux": formations continentales, fluviatiles et lacustres ou lagunaires, épaisses de 400 à 700 m, d'âge probablement Crétacé inférieur. Ces formations reposent sur un soubassement précambrien dont le relief était vallonné.

Les séries marines ont toutes des faciès littoraux et les données fournies par les sondages de l'Angola et du Gabon montrent que l'on doit s'attendre à voir leur faciès se modifier et leur épaisseur croître rapidement de l'est vers l'ouest.

TECTONIQUE

La tectonique d'ensemble est simple: toutes les couches pendent faiblement vers l'ouest. Une discordance sépare le Crétacé marin des "grès sublittoraux" qui sont affectés de pentes plus fortes et d'accidents tectoniques propres. Des discordances moins importantes existent entre Crétacé et Tertiaire inférieur et entre celui-ci et le Tertiaire supérieur. L'existence de failles est certaine et les couches sont localement affectées d'ondulations à grand rayon de courbure, mais aucun document cartographique n'a encore été publié.

INDICES D'HYDROCARBURES

L'existence de suintements de bitume a été reconnue de longue date (J. Cornet, 1911) tant au Congo que dans le territoire de Cabinda qui s'y enclave vers le nord. Outre ces suintements, qui peuvent avoir un débit relativement considérable, existent des calcaires asphaltiques et des grès bitumineux dont l'exploitation a débuté en 1951 (R. Brosius, 1953).

Le bitume est présent dans tous les étages mais particulièrement abondant dans l'Albien et le Sénonien.

TRAVAUX D'EXPLORATION

En 1939 et en 1940, une mission a effectué l'étude géologique de surface d'une partie de la région; les travaux ont été interrompus par la guerre et n'ont pas été repris; ils n'ont pas donné lieu à publication.

CONCLUSION

Le fait que la zone littorale du Congo fait partie de la bande des terrains secondaires et tertiaires qui s'étend de manière plus ou moins continue le long de l'Océan Atlantique et que les indices d'hydrocarbure du Bas-Congo sont de nature comparable à ceux du Gabon et de l'Angola où des découvertes ont été faites, indique que la possibilité d'y trouver du pétrole n'est nullement exclue. Par contre, il ne pourra s'agir que d'un champ pétrolifère peu étendu vu l'exiguïté du territoire, à moins de pouvoir l'étendre au domaine maritime correspondant à la plateforme continentale; celle-ci est aux profondeurs de 8 et 20 m respectivement à environ 10 et 17 km de la côte (E. J. Devroey, 1946); les profondeurs de 45 et 90 m seraient atteintes vers 30 et 65 km (A. C. Veatch and P. A. Smith, 1939).

LE FOSSE TECTONIQUE

La partie du fossé tectonique centre africain (Western Rift Valley) qui nous intéresse ici s'étend du 2^{e} parallèle nord au 8^{e} parallèle sud et est jalonnée par les lacs Albert, Edouard, Kivu et Tanganika. Sur cette longueur de près de 1,000 km la largeur du fossé varie de 10 à 80 km; l'importance du remplissage sédimentaire qui en occupe le fond est très variable. Seules deux régions paraissent susceptibles de retenir l'attention en ce qui concerne le pétrole: au nord, la région du lac Albert et de la basse et moyenne Semliki, au sud la région du nord du Tanganika et de la basse Ruzizi. La première couvre, au Congo belge, une surface de 250 km sur 25 environ mais la moitié en est occupée par le lac Albert; la seconde a une extension d'environ 30 km sur 30. Il s'agit dans les deux cas de plaines localement vallonnées dominées par des abrupts de faille pouvant atteindre 2,000 m.

STRATIGRAPHIE

La stratigraphie de la région nord est mieux connue (J. Lepersonne, 1949, A. T. Hopwood et J. Lepersonne, 1953) que celle de la région sud (L. Cahen, 1954, pp. 349-350). On y a observé une succession de formations lacustres appartenant au Pléistocène et peut-être au Pliocène supérieur, séparées par une lacune d'un Miocène inférieur également lacustre.

L'épaisseur observée est de l'ordre de 450 m mais il s'agit certainement d'un minimum. Dans la partie ugandaise de la plaine, au sud du lac Albert au voisinage de Kibuku, des mesures gravimétriques ont pérmis d'estimer à 1,800 m environ, l'épaisseur des formations sédimentaires du fossé tectonique (Waldron F. R., 1950).

La région nord du Tanganika est occupée par des formations de faciés semblable à celui du Pléistocène du lac Albert (L. Cahen, 1954, pp. 349-350) ; la stratigraphie n'en a pas encore été établie.

Les séries lacustres comportent principalement des alternances d'argiles, de sables et de graviers plus ou moins argileux avec lits de limonite ; au lac Albert et dans la basse Semliki existent des "bone beds" et des diatomites.

TECTONIQUE

Dans la région du lac Albert et de la Semliki, des failles ont affecté les formations lacustres à deux ou trois reprises différentes au moins ; elles sont accompagnées d'ondulations locales des couches (J. Lepersonne, 1949 ; A. T. Hopwood et J. Lepersonne, 1953). L'étude de la région du Tanganika reste à faire.

INDICES D'HYDROCARBURES

Des suintements d'huiles minérales ont été observés au lac Albert (J. Lepersonne, 1949 ; L. Cahen, 1954, p. 531), principalement au droit des failles qui mettent en contact les séries lacustres et le soubassement précambrien.

Des dépôts de bitume ont été signalés dans le lac Tanganika à l'embouchure de la Ruzizi et un suintement de pétrole observé au sud d'Usumbura (A. Salée, 1930).

L'origine de ces hydrocarbures est inconnue et l'on ne sait si leurs roches mères appartiennent aux séries lacustres connues ou à des for-

mations plus anciennes situées à grande profondeur comme pourrait permettre de le supposer l'existence, relatée plus haut, d'épaisseurs de 1,800 m de sédiments au sud du lac Albert.

TRAVAUX D'EXPLORATION

A l'exception d'une mission d'exploration, dans la région du lac Albert, dont les travaux ont été interrompus prématurément (1938) au cours de l'exécution d'un premier forage, aucune recherche n'a été faite jusqu'à présent du côté congolais du fossé tectonique. Par contre des études géologiques assez détaillées ont eu lieu (J. Lepersonne, 1949; J. de Heinzelin, 1955) du côté belge et du côté ugandais (publications de "l'Uganda Protectorate Geological Survey") et des travaux d'exploration ont eu lieu à diverses reprises depuis 1926 en Uganda.

CONCLUSION

Les régions du fossé tectonique qui viennent d'être décrites présentent des perspectives qui peuvent justifier des recherches, quoique l'exigüité du territoire et la nature lacustre des formations, présentement reconnues, constituent des facteurs peu favorables. Il faut observer cependant qu'en l'absence d'un sondage profond, on ne peut exclure l'existence au-delà de 500 à 600 m de profondeur de formations plus intéressantes.

Il existe au Congo d'autres fossés tectoniques; aucun n'a jusqu'à présent livré d'indices d'hydrocarbures.

LA CUVETTE CONGOLAISE

La cuvette congolaise occupe un immense territoire presque circulaire, d'un diamètre de plus de 800 km, au centre du bassin du Congo; elle se prolonge vers le sud-est en direction du Lomami et vers le sud-ouest dans le bassin du Kwango. Occupée en grande partie par la forêt équatoriale, parcourue par un chevelu très dense de cours d'eau et présentant de grandes aires marécageuses, la cuvette congolaise est difficile d'accès pour le géologue. Le peu d'accentuation du relief, l'importance des recouvrements sableux, alluvionnaires ou éluvionnaires, et le couvert végétal rendent l'étude de ce vaste territoire particulièrement ingrate; jointe à ces éléments, l'absence de tout indice de matière utilisée explique que la cuvette congolaise n'avait fait

l'objet, jusqu'en ces tout derniers temps, que de reconnaissances géologiques sommaires.

Comme on le verra plus loin, une étude approfondie de ce vaste bassin est en cours; il n'est pas tenu compte ici des résultats de cette étude qui n'est pas suffisamment avancée pour en tirer des conclusions.

STRATIGRAPHIE

Les études géologiques de surface au pourtour de la cuvette et les reconnaissances faites à l'intérieur de celle-ci permettent de se faire une idée de la succession des terrains qui l'occupent de haut en bas (L. Cahen, 1954, ch. XI à XIV et XVIII; L. Cahen et J. Lepersonne, 1954, P. de Saint Seine, 1955; L. Cahen et J. Lepersonne, 1956 a et b):

- du Pléistocène et du Pliocène continentaux peu épais (de l'ordre d'une centaine de mètres au maximum);
- du Crétacé supérieur (série du Kwango) continental (plus de 300 m) avec probablement un bref épisode marin (Cénomano-Turonien probable);
- du Crétacé inférieur et du Jurassique supérieur (série du Lualaba, au moins 600 m) continentaux avec au Kimmeridgien un bref épisode marin;
- des formations très mal connues comprises entre le Jurassique supérieur et le Permien inférieur;
- au bord Est de la cuvette existent du Permien et du Carbonifère supérieur continentaux (série de la Lukuga).

TECTONIQUE

Les terrains qui s'observent dans la cuvette ou à son pourtour sont horizontaux ou à pente ne dépassant guère une fraction de degré ou localement quelques degrés; les pentes convergent vers la centre de la cuvette qui apparaît ainsi comme étant une dépression d'origine tectonique soit par subsidence, soit par déformation en bassin à très grand rayon de courbure.

INDICES D'HYDROCARBURES

Aucun indice d'hydrocarbure liquide n'a été observé dans la cuvette congolaise ou à son pourtour. Par contre au bord nord-est de la cu-

vette, dans la région de Stanleyville-Ponthierville, existe un important gisement de schistes bitumineux appartenant à la série du Lualaba découvert par H. Hornemann (G. Passau, 1921 et 1935; A. Jamotte et J. Lepersonne, 1947); ces couches se prolongent loin vers le sud, jusqu'aux environs du 4e parallèle sud. Dans le bas Lomami, une couche de schiste bitumineux, au moins, appartient à un étage plus élevé de la même série (J. Dubois inédit; L. Cahen, 1948).

TRAVAUX D'EXPLORATION

En 1951, a été fondé un syndicat ayant pour but l'étude géologique et les recherches minières dans la cuvette congolaise (P. Evrard, 1954). Ce syndicat a procédé jusqu'à présent aux opérations suivantes:

prospection sismique des régions accessibles par route ou par eau; il a été tiré 113 lignes de réfraction et un circuit de 200 km environ a été étudié en réflexion; la surface couverte est de 750,000 km^2 (Rev. Col. Belge, 1er. janvier 1956, pp. 920-921);

levé gravimétrique et magnétique d'un réseau à larges mailles suivant les circuits routiers et couvrant la même surface; les stations sont distantes en moyenne de 5 km;

levés géologiques en pourtour de la cuvette;

implantation de sondages de reconnaissance stratigraphique dont le premier a été arrêté à la profondeur d'environ 2,040 m, et dont le second est en cours.

Nul doute que ces travaux ne donneront des résultats du plus grand intérêt quant à la connaissance de l'évolution géologique d'une importante région de l'Afrique centrale qui était restée jusqu'à présent "terra incognita".

CONCLUSION

Déjà en 1911, J. Cornet attirait l'attention sur l'intérêt éventuel de la région littorale du Congo et de la cuvette congolaise pour la recherche du pétrole. S'il a fallu attendre 40 ans pour que l'exploration de la partie centrale de la cuvette soit entamée, c'est par suite des difficultés opposées par la nature à la pénétration dans ce secteur et par suite de l'absence de tous indices miniers en surface.

LE GISEMENT DE METHANE DU LAC KIVU

Du gaz combustible, mélange de méthane et d'anhydride carbonique, est emmagasiné en concentration élevée dans les eaux profondes du lac Kivu où la pression hydrostatique le maintient en solution. La quantité de gaz dissout est estimée à 57 milliards de m^3 dont l'équivalent calorifique serait de 36 millions de tonnes de gas-oil (D. M. Schmitz et J. Kufferath, 1955).

L'examen des différentes origines possibles fait penser qu'il s'agit probablement du produit de la fermentation anaérobie de la matière organique du plancton; la formation du méthane se poursuivrait à l'heure actuelle. L'existence du gisement est liée à la stratification particulière du lac qui paraît tout à fait stable.

L'exploitation industrielle serait assez aisément réalisable et des essais à petite échelle ont donné des résultats très satisfaisants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Brosius, R. (1953). L'exploitation des roches bitumineuses et asphaltiques du Congo Belge. Bull. Inst. R. Col. Belge, XXIV, 1953-4, pp. 1592-1607.

Cahen, L. (1948). Sur la stratigraphie de la Série du Lualaba, le long du Lomami, d'après les travaux de M. J. Dubois (1926). Bull. Soc. Belge Géol., t. LVII, 1948, pp. 321-327.

Cahen, L. (1954). Géologie du Congo Belge. Liège, H. Vaillant-Carmanne, 1954, 580 pp.

Cahen, L. et Lepersonne, J. (1954). Etat actuel des connaissances relatives aux séries mésozoïques de l'intérieur du Congo. Bull. Soc. Belge Géol., t. LXIII, 1954, pp. 20-35.

Cahen, L. et Lepersonne, J. (1956a). Etat des connaissances sur le Crétacé (et le Jurassique supérieur) dans le bassin du Congo. XX^e. Congrès Géol. Int. México, 1956, Symposium sur le Crétacé, en préparation.

Cahen, L. et Lepersonne, J. (1956b). Les terrains du Congo Belge appartenant ou pouvant appartenir au Système du Karroo. Résumé des connaissances. XX^e Congrès Géol. Int. México, 1956, en préparation.

Cornet, J. (1911). Sur la possibilité de l'existence de gisements de pétrole au Congo. Ann. Soc. Géol. Belg., Publ. rel. C. B., 1910-1911, pp. 9-15.

De Heinzelin, J. (1955). Le fossé tectonique sous le parallèle d'Ishango. Inst. Parcs Nat. C. B., expl. P.N.A. Mission J. de Heinzelin (1950), fasc. 1, 1955, 150 pp.

De Saint Seine, P. (1955). Poissons fossiles de l'étage de Stanleyville (Congo belge) Première partie. La faune des argilites et schistes bitumineux. Ann. Musée Roy. Congo Belge, série in 8°, Sci. Géol., vol. 14. Résultats scienti-

fiques des missions du Syndicat pour l'étude géologique et minière de la cuvette congolaise et travaux connexes.

Devroey, E. J. (1946). La vallée sous-marine du fleuve Congo. Bull. Inst. R. Col. Belge, XVII, 1946-3, pp. 1043-1074.

Evrard, P. (1954). Les recherches géophysiques dans la cuve congolaise. Bull. Inst. R. Col. Belge, XXV-1954-2, pp. 919-932.

Hopwood, A. T. et Lepersonne, J. (1953). Présence de formations d'âge miocène inférieur dans le fossé tectonique du Lac Albert et de la Basse-Semliki (Congo Belge). Ann. Soc. Géol. Belg., t. LXXVII, 1953-54, pp. 83-113.

Jamotte, A. et Lepersonne, J. (1947). Les ressources minérales du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Congrès A. I. Lg., section col., 1947, pp. 227-293.

Lepersonne, J. (1949). Le fossé tectonique lac Albert-Semliki-lac Edouard. Résumé des observations géologiques effectuées en 1938-1939-1940. Ann. Géol. Belg. t. LXXII, 1948-1949, mém. pp. M. 1-91.

Passau, G. (1921). La géologie du bassin des schistes, bitumineux de Stanleyville (Congo Belge). Ann. Soc. Géol. Belg. Publ. rel. C. B., 1921-1922, pp. C. 91-243.

Passau, G. (1935). Les schistes bitumineux du Congo Belge. C. R. Congrès Int. Mines, Metall. et Géol. Appl., Paris 1935, t. I, pp. 521-526.

Salee, A. (1930). Le Kivu et le fossé des grands lacs africains. Rev. Qu. Scient., nov. 1930, pp. 407-426.

Schmitz, D. M. et Kufferath, J. (1955). Problèmes posés par la présence de gaz dissous dans les eaux profondes du lac Kivu. Bull. Ac. R. Sc. Col., I-1955-2, pp. 326-356, Bruxelles.

Veatch, A. C. and Smith, P. A. (1939). Atlantic submarine valleys of the United States and the Congo submarine valley. Geol. Soc. America, spec. papers, nº 7, 1939, 101 p., 8 cartes hors-texte.

Waldron, F. R. (1950). Géological investigation in the Semliki area, Toro district. Géol. Surv. Dept. Uganda, Records, year ending 31st. December 1950, pp. 19-20.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

GOLD COAST, WEST AFRICA

GEOLOGICAL OCCURRENCE OF OIL AND GAS IN GOLD COAST, WEST AFRICA

By D. A. Bates

Director of the Gold Coast Geological Survey.

ABSTRACT

In the south-west of the Gold Coast, West Africa, there are fairly copious oil seepages from sands in a series of sands, clays and limestones of Cretaceous age. Wells bored in the Cretaceous sediments have encountered shows of gas and oil but as yet no well has been drilled to the base of the sediments.

The existence of oil and gas seepages and of oil sands in the western coastal area of the Gold Coast has been known for many years and in the past at least 12 boreholes have been drilled in an attempt to locate oil pools. Nine of the holes were sunk in the vicinity of oil seepages and the two deep holes sunk between 1923 and 1925 were the only ones sited after a study of the geological structure of the area and even in this case the structure was not correctly determined.

The area is underlain by Cretaceous sediments and is low-lying and partly covered by swamps and lagoons. The Cretaceous rocks are also obscured by a capping of Upper Tertiary sand and gravel. For these reasons the structure and stratigraphical relationships of the sediments cannot be accurately determined except by pitting, drilling or by geophysical methods. The area of Cretaceous sediments is small, extending about 50 miles along the coast and 15 miles inland.

STRATIGRAPHY

The Cretaceous rocks consist of rapidly alternating sands and clays with occasional thin beds of gravel and fossiliferous limestone. In depth the sands and clays are more compacted and pass into sandstones and shales. Nodules of pyrite or marcasite are common in the


Areas underlain by Cretaceous and Eocene marine sediments.
TAMALE
KUMASI
ACCRA
TAKORADI
THE
GOLD COAST
SCALE 1:3,000,000
Miles 0 50 Miles

clays and shales and muscovite is common in some of the sandy beds. The following log of Borehole No. 1, one mile north-west of Nauli, illustrates the types of sediments:

Borehole No. 1 — One mile north-west of Nauli.

0	—	55	Feet	Red sand
55	—	82	„	Sandy clay
82	—	132	„	White sand
132	—	134	„	Clay
134	—	135	„	Limestone
135	—	265	„	Clay shale with sand from 140 to 172 feet
265	—	553	„	Alternating sands and clay shales
553	—	556	„	Limestone
556	—	586	„	Clay shale
586	—	589	„	Limestone
589	—	595	„	Clay shale
595	—	596	„	Limestone
596	—	638	„	Clay shale
638	—	738	„	Coarse sand
738	—	804	„	Clay shale
804	—	825	„	Limestone
825	—	897	„	Sandy shale
897	—	903	„	Limestone
903	—	907	„	Clay shale
907	—	920	„	Limestone
920	—	976	„	Shale
976	—	978	„	Limestone
978	—	1077	„	Shale with pebbles
1077	—	1079	„	Limestone
1079	—	1120	„	Sandy shale
1120	—	1121	„	Limestone
1121	—	1226	„	Sandy shale with pebbles
1226	—	1228	„	Limestone
1228	—	1232	„	Sandy shale
1232	—	1234	„	Limestone
1234	—	1263	„	Sandy shale
1263	—	1265	„	Limestone
1265	—	1311	„	Shale with pebbles
1311	—	1313	„	Limestone
1313	—	1390	„	Sandy and clay shale
1390	—	1430	„	Shale, sandstone and gravel
1430	—	1442	„	Clay shale
1442	—	1495	„	Sandy shale
1495	—	1515	„	Clay shale
1515	—	1570	„	Sandy shale

1570	— 1690	Feet	Clay shale with little sandstone and sandy shale
1690	— 1740	„	Pebbly sandstone and shale
1740	— 1820	„	Shale and little sandstone
1820	— 1840	„	Pebbly sandstone and shale
1840	— 2230	„	Sandy shale, clay shale and sandstone
2230	— 2235	„	Conglomerate
2235	— 3350	„	Alternating clay shale, sandy shale and sandstone.

AGE OF THE BEDS

The limestone beds are highly fossiliferous, and collections from limestones at two localities have been made. The collections have been described by L. R. Cox as follows:

Fauna and age of the Anwiafutu Limestone

This limestone is full of molluscan moulds, the majority of which belong to lamellibranchs, although a few gastropods are present. Only the lamellibranchs are well enough preserved for identification or description, and the following are the names under which they are here recorded:

Pteria kitsoni sp. nov.,
Plicatula auressensis Coquand,
Exogyra olisiponensis Sharpe,
Trapezium apolloniense sp. nov.,
Protocardia aurilitoralis sp. nov.,
Liopistha (Psilomya) pervinquierei Greco.

Only three species have thus been identified with forms previously known. The abundance of *Plicatula auressensis*, which throughout North Africa and in Sicily is a characteristic fossil of the Cenomanian, suggests, however, that the limestone may well belong to that stage, although there are a few records of the occurrence of the species in later beds, particularly in Syria. The identification of another well-known species, *Exogyra olisiponensis*, supports the suggestion of a Cenomanian age, although some specimens of the species *E. laciniata* (Nilson), from later Cretaceous horizons, much resemble it. Little weight can be placed on the evidence of the *Liopistha*, which, although identified as a Cenomanian species, does not differ greatly from certain forms described from other horizons. Of the forms described

as new, the *Trapezium* may belong to the same species as a specimen from the Cenomanian of Egypt described by Greco as "*Crassatella pusilla* Coquand." The evidence of the *Pteria* and *Protocardia* is indefinite. The Cenomanian age of the Anwiafutu limestone may be regarded as probable although not definitely established.

Fauna and age of the Nauli Limestone Beds

The fossils so far found in the limestone beds near Nauli consist of abundant lamellibranchs and occasional gastropods, but a clay interbedded with the limestone has yielded a single small ammonite. Although very immature, it clearly belongs to the genus *Texanites*, and to the same group of species as the South African form *T. stangeri* (Baily). This group does not include the more typical species of the genus, which are of Santonian age, but later forms characteristic of the Campanian. There is, therefore, a strong probability from the evidence of the ammonite alone that the clay and associated limestones at Nauli are of Campanian age.

We must now consider if the molluscan species found in the limestone confirm this conclusion. The following is a list of those now recorded:

LAMELLIBRANCHIA

Trigonarca curvatodonta Riedel,
Trigonarca camerunensis Riedel,
Pseudocucullaea lens Solger,
Plicatula renniei sp. nov.
Lopha semiplana (J. de C. Sowerby),
Crassatella apolloniensis sp. nov.,
Venericardia nauliensis sp. nov.,
Veniella undata (Conrad),
Naulia orbicularis gen. et sp. nov.,
Aphrodina Mesocallista subgen. nov., *andersoni* (Newton),
Cyprimeria aurilitoralis sp. nov.,
Cuspidaria junneri sp. nov.

GASTROPODA

Turritella nodosa Roemer,
Calyptraphorus africanus sp. nov.,
"*Fasciolaria*" *apolloniensis* sp. nov.,
Fusimilis aurilitoralis sp. nov.

Venericardia nauliensis, wihch occurs in great profusion, is the most characteristic species of this assemblage. Next in abundance is the small Venerid *Naulia orbicularis,* while other common species are *Trigonarca curvatodonta* and *Plicatula renniei. Veniella undata* occurs less frequently, as does the interesting species *Pseudocucullaea lens.* Gastropods are relatively rare.

Six of the lamellibranch species *(Trigonarca curvatodonta, T. camerunensis, Pseudocucullaea lens, Plicatula renniei, Venericardia nauliensis, Veniella undata)* have also been found at the locality Bombe, on the Mungo River in the Cameroons, from which a large proportion of the mollusca described in Riedel's monograph (1932) of the Cretaceous fossils from that area were obtained. It is not, however, recorded if these all occur in the same bed at Bombe, and Riedel's conclusion (1932, p. 19) was that, although some fossils from that locality appear to come from Campanian or Maestrichtian beds, others, particularly certain species of *Inoceramus,* point more to the Lower Senonian. The strongest evidence for the presence of the higher stages was the identification of the well-known Maestrichtian lamellibranch species *Venericardia beaumonti* (d'Archiac and Haime), but it is clear from Riedel's figures that the specimens so recorded were wrongly determined (see p. 18). Further evidence was, however, afforded by two other lamellibranchs, *Modiolus flagelliferus* (Forbes), found typically in the Upper Senonian of India, and *Veniella undata* (Conrad) (Roudairia drui Munier-Chalmas), referred to below, and by two gastropods, *Pyrazus elongatus* Douville and *Trochifusus peror-natus* Wade, previously known to occur respectively in Maestrichtian and Campanian beds.

Of species found at Bombe and now recorded also from Nauli, *Plicatula renniei* is known to occur at Massangano, in Angola, where the beds, according to Rennie (1929, p. 6) are undoubtedly of Senonian and may well be of Campanian age. Throughout northern Africa *Veniella undata* is highly characteristic of the Campanian and Maestrichtian, and published records from West Africa refer only to its occurrence in these stages. Nevertheless, its presence in the Lower Senonian has recently been demonstrated by its discovery in Nigeria associated with ammonites of Coniacian age. Peron, indeed, has observed that it may occur, although rarely, in the Lower Senonian in northern Africa. Hence it cannot be regarded as a reliable index-

fossil of the Upper Senonian. This same observation also applies to *Pseudocucullaea lens*. The genus *Pseudocucullaea* is unknown from North, South or East Africa, but is widespread in South America, where it appears to characterize beds of high Senonian age. In Nigeria, however, it has recently been found in the Coniacian. If the synonymy now suggested (p. 11) is correct, *Trigonarca curvatodonta* occurs in Angola and in French Equatorial Africa in beds which have been referred respectively to the Campanian and to the Santonian.

Beyond the species just mentioned, the list from Nauli does not include any forms likely to be of value for determining the exact geological age in the present stage of our knowledge. Several are new, and the others have long geological ranges, *Ostrea semiplana* from Upper Turonian to Upper Senonian-*Aphrodina andersoni* from possibly the Albian to the Upper Senonian, and Turritella nodosa from the Upper Turonian or earlier to the Upper Senonian.

It may thus be seen that a slight balance of the lamellibranch evidence, considered alone, favours reference of the Nauli limestones to the Campanian rather than to any other stage of the Senonian. Since, however, there is confirmatory evidence from the discovery of the small ammonite (*Texanites* sp.) already mentioned, a Campanian age may be assigned to these beds with some confidence.

STRUCTURE

The Cretaceous beds strike west-north-west at a small angle with the present coast line, and dips are all at low angles, 2° to 6°, towards the south-south-west. The Cretaceous rocks are in contact in the north with Pre-Cambrian schists and granites on which they are seen to rest unconformably. Geologists of the Shell D'Arcy organisation who prospected the area superficially in 1946-1948 reported that the relationship between the Cretaceous and Pre-Cambrian rocks was elucidated by digging a series of closely spaced pits. The surface of the basement was seen to slope towards the south-west at angles of from 8° to 16° and is thus considerably steeper than the dip of the Cretaceous beds which averages less than 5°. Thus the beds thicken fairly rapidly towards the south-south-west. A strike fault was noted at one locality with a down-throw towards the south-south-west of about 100 feet, it was thought. In this connection it is interesting to note that

at the eastern extremity of the Gold Coast littoral, where a marine series of beds of Cretaceous-Eocene age occurs, there appears to be a fault at right angles to the strike bringing Cretaceous rocks into contact with Eocene rocks, thus further reinforcing the evidence of post-Cretaceous faulting along this coast.

PREVIOUS DRILLING

According to the available records there were four periods of drilling activity, in 1896-97, 1903, 1909-13 and 1923-25.

In the first period four wells were sunk by the West African Oil and Fuel Co., Ltd., of Stoopville. The final depths of the holes are not known but No. 1 well was 600 feet deep in June 1896, No. 2 well 115 feet deep in September 1896, No. 3 well 776 feet deep in October 1896 and No. 4 well 650 feet deep in 1897. According to the records No. 2 well (Takinta concession) produced five barrels of oil a day, No. 4 showed oil at 570 feet which came out solid and dissolved on exposure to the air, and No. 1 cut a bed of sand containing paraffin wax at 545 feet.

In 1903 the above-mentioned company sunk another well to a depth of 1,420 feet, through alternating sands and clays with a bed of limestone at 185 feet. Water with a small show of oil was encountered at 719 feet and shale with small shows of oil at 780 feet.

During the period 1909-13 five wells were sunk by the Société Française de Petrole close to oil and gas seepages near Bokakre (Domini Lagoon) and a sixth well was drilled on the banks of the Tano river, north of Edu. Oil was struck in No. 1 borehole at 33-57 feet and yielded seven barrels a day, No. 2 well was abandoned in 1912 and No. 4 well, 150 feet away, was sunk to 1,114 feet. Very good traces of light oil were encountered at three horizons in this hole. No records are available of the results obtained in Nos. 3 and 4 boreholes. No. 5 borehole was sunk to a depth of at least 2,191 feet. At 50-70 feet a strong flow of oil and an oil-bearing sand was cut, at 1,170 feet gas with traces of oil and at 1,800 feet a strong show of gas and some paraffin wax which accumulated on the casing. The Tano well was drilled to a depth of 2,753 feet and did not reach the bottom of the sediments. Strong traces of gas and oil were recorded from 500 feet, a layer of shale saturated with oil at 1800 feet and traces of gas and oil at 2,600 feet.

Two holes were sunk in 1923-25 by the African and Eastern Trade Corporation on the ridge between Takinta and Nauli. They reached depths of 4,005 and 3,005 feet respectively, and were still in flat-bedded shales and sandstones of the Apollonian (?) System at the bottom. The greater part of the log of the beds passed through in No. 1 hole, north-west of Nauli, is given above in the paragraph on stratigraphy.

Oil and gas shows were struck in these two boreholes as follows:

No. 1 Borehole near Nauli

265 — 290	Feet	Light gas show in coarse sand
334 — 344	„	Light gas show in coarse sand
369 — 463	„	Show of gas in coarse sand
471 — 491	„	Shows of gas in sand
1192 — 1226	„	Sandy shale containing traces of oil
1400	„	Show of gas in sandy shale
1800	„	Show of gas in very hard sandy shale
2400	„	Show of gas in coarse sandy shale
2650 — 2683	„	Good show of gas in sandy shale
3000	„	Show of light oil in mud
3330	„	Good show of gas in grey sand.

An accident to the crown pulley when at a depth of about 3,335 feet prevented this hole being continued at the time to a greater depth.

No. 2 Borehole near Takinta

118 — 126	Feet	Little oil and gas in black clay
1016 — 1019	„	Show of gas in sand
1443 — 1490	„	Traces of oil in shale containing streaks of sand.

This hole was abandoned at 3,005 feet and filled with mud and the boring rig dismantled.

The writer believes that the commercial oil possibilities of this area have not been exhausted. Wells previously drilled were drilled with no understanding of the structure of the beds, and the last two on a misunderstanding which led the geologists concerned to postulate an anticlinal structure which does not exist. Favourable conditions are that the presence of oil in these beds is proved by large seepages, that there are suitable reservoir rocks interbedded with impervious trap

rocks, that the rocks thicken rapidly south-wards, and that there is evidence of strike faulting and the possibility of faults at right angles to the strike. The disadvantage of the area is its small size.

BIBLIOGRAPHY

KITSON, A. E., 1921, Oil-bearing Deposits and Limestone of Apollonia. Annual Report of Gold Coast Geological Survey.

WHITELAW, O. A. L., 1929, Drilling on the Gold Coast, West Africa. Second Congres International de Forage, Paris.

JUNNER, N. R., 1939, Oil in Apollonia. Annual Report of Gold Coast Geological Survey 1938-39.

BATES, D. A., 1939, The Northern Boundary of the Apollonian Rocks. Annual Report of Gold Coast Geological Survey, 1938-39.

COX, L. R., 1945, Fossil Molluscs from the Axim and Keta Districts. Annual Report of Gold Coast Geological Survey, 1940-46.

HIRST, T., 1947, Oil in Apollonia. Annual Report Geological Survey, 1946-47.

SHELL D'ARCY PARTY, 1948, Annual Report Geological Survey, 1947-48.

COX, L. R., 1948, Report on Collections of Upper Cretaceous Mollusca from the Gold Coast. Annual Report Geological Survey, 1947-48.

TEVENDALE, W. B., 1948, New Road from Axim to Half Assini Apollonian Sediments. Annual Report Geological Survey, 1947-48.

BATES, D. A., 1952, Cretaceous Limestones. Annual Report Geological Survey, 1951-52.

COX, L. R., 1952, Cretaceous and Eocene Fossils from the Gold Coast. Bulletin No. 17, Gold Coast Geological Survey.

BATES, D. A. and MITCHELL, J., 1953, Cretaceous Limestones. Annual Report Geological Survey, 1952-53.

NOTE: COX, L. R., 1952, Cretaceous and Eocene Fossils from the Gold Coast. Bulletin No. 17 of Gold Coast Geological Survey, gives a full list of references concerning the palaeontology of the Cretaceous of the Gold Coast.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

ETHIOPIA

SEDIMENTARY HISTORY OF THE OGADEN DISTRICT, ETHIOPIA

By William O. Clift

ABSTRACT

The Sinclair Petroleum Company has conducted an intensive exploration program in a remote area of Ethiopia for the past eight years. Progress has been both slow and costly owing to absence of roads and distance from sources of supply. Cavernous formational characteristics coupled with insufficient water resources have been an additional hindrance.

Subsurface exploration has been concentrated in a Mesozoic and Cenozoic embayment of marine, continental, and evaporitic formations. The well-preserved sedimentary sequence has permitted correlation of events which are not as readily discernible in the surface sections to the north, west, and southwest. The basal Triassic sand and the Cretaceous-Paleocene Nubian sand are interpreted as transgressive and regressive facies of a shelf sea which reached its maximum extent in Upper Jurassic (Portlandian). This cycle was interrupted by minor oscillations, and one major hiatus is represented. The name "Gumburo" is assigned to a series of undifferentiated Cretaceous limestones and shales which are age equivalents of three formations in the western Ogaden reflecting near-shore changes in depositional environment.

INTRODUCTION

Although at one time the word "Ogaden" referred solely to the people who inhabited a certain territory in Ethiopia, it now also denotes a roughly triangular semi-arid tract of land bounded on the northeast by British Somaliland; the southeast, by Italian Somaliland; and by the 44° 20′ East Meridian on the west. It is occupied by a nomadic people of distant Arabian extraction.

Several erosional remnants of highly weathered Eocene limestone, shale, and basalt emerge through the land, which consists of a sandy plain covered by dense scrub vegetation. The western limit of the

Ogaden is defined by a gently dipping cuesta of Upper Cretaceous continental sandstones.

This paper deals with the sedimentary record of the Ogaden of Ethiopia and its relation to the Mesozoic and Cenozoic history of the Horn of East Africa. The information has been derived from structural mapping of the altered Eocene outcrops of the eastern Ogaden and the belt of Mesozoic outcrops along its western margin. Knowledge of the subsurface section of the Ogaden has also been attained from geophysical data as well as from structural slim holes and drilling two deep tests.

All information has been accumulated during the exploration program of the Sinclair Petroleum Company in Ethiopia.

Several major handicaps were encountered in the exploration of the Ogaden. There was almost a complete absence of roads. In most cases it was necessary either to drive overland or, because of relatively dense thorn tree and scrub brush vegetation, to clear roads into inaccessible areas. The latter was usually found to be more practical.

Lack of water was by far the greatest incommodity. Water for geological and geophysical camps had to be provided from wells which had been drilled at the base camp sites at Gumburo, Galadi, and Jima Ali. This called for the establishment of long-distance supply lines over the poor roads. Vast quantities of water were required for rotary drilling, and it was accordingly necessary to drill relatively deep water wells at most of the structural and exploratory sites. In the drilling program itself, the use of water was excessive due to loss of circulation in the vuggy and cavernous Eocene limestones. The problem was partly overcome by using a cable tool rig for drilling water wells and the surface holes required for rotary units.

The company headquarters at Dire Dawa are the main center of supply. Dire Dawa is the second largest city in Ethiopia. It is situated along the French Railroad (Djibouti-Addis Ababa) at the foot of the Aden extension of the East African Rift Scarp. Provisions are shipped to the base camps at Gumburo and Galadi by two methods: overland, a 515-mile truck track (Dire Dawa-Jijiga-Hargeisa-Uardere); by air, 350 miles from Dire Dawa. Throughout most of the operations, the base camps have also been serviced by weekly flights of the company plane. As Gumburo and Galadi are centrally located, all field operations have been provisioned from these points.

ACKNOWLEDGEMENTS

Inasmuch as the information resulting in this interpretation has been gained from the exploration program of the Sinclair Petroleum Company, mention should be made of F. A. Bush and E. L. Steiniger of Sinclair Oil Corporation, who, in the interests of extending general geological information, have permitted the paper to be published. In addition, the work contributed by the various geologists who have been under the writer's supervision since 1949 should be recognized.

Although most of the paleontological correlations have been made in the field with the assistance of an adequate paleontological library, A. D. Brixey, Sinclair Oil & Gas Company, contributed several critical age determinations which have influenced interpretations.

PREVIOUS INVESTIGATIONS

In the years between 1936 and 1939 during the Italian occupation of Ethiopia, the AGIP (Azienda Generale Italiana Petroli) conducted a geological reconnaissance of approximately 200,000 square miles in Italian Somaliland and eastern Ethiopia. These investigations culminated in a series of reconnaissance maps and several manuscripts dealing with descriptions of sections, paleontology, and stratigraphy. As far as can be determined, the results of the work have remained unpublished except for certain paleontological memoirs appearing in *Paleontographia Italica.*

Most of this work was performed during the dry seasons of 1936 through 1939. A minimum of five geologists and two topographers was assigned to the project by the Italian company.

At the beginning of the Sinclair Petroleum Company operations, F. A. Bush contacted Carlos I. Migliorini, formerly geologist in charge of the investigations for AGIP. With the assistance of Hall Taylor, he obtained copies of maps and unpublished manuscripts covering much of the work which had been done. Messrs. A. D. Rowley and J. W. Kissling were assigned to begin surface investigations in the Gumburo area. Their efforts resulted in a structural geologic map of the north section of Gumburo.

A party from Geophoto Corporation, under contract to Sinclair Petroleum Company, mapped the southern part of the Gumburo district

in detail as well as three other areas where there were insolated outcrops of Eocene limestone. The group moved to the Mesozoic outcrops of the western Ogaden during the latter part of 1949 and was augmented by Sinclair geologists who made section studies in connection with the structural mapping. This project was developed concurrently with the drilling operations.

The first deep test, Gumburo No. 1, was spudded in on May 17, 1949 and abandoned below 10,000 feet on May 5, 1950.

Geophysical operations were commenced in October of the same year to obtain deep structure information, a discussion of which does not lie within the scope of this paper. Logging samples of all shot holes drilled was an adjunct to the seismic program. This work, supplemented by a series of shallow structure holes, produced considerable information about the stratigraphy and sedimentation of the Eocene beds.

A second deep test was spudded in at Galadi in the middle of 1952, and some non-commercial shows of oil were encountered. The well was not abandoned until early in 1955 because a stuck drill stem packer had delayed the completion of testing.

From this date to the present time, a series of structure holes have been drilled to an average depth of 4000 feet with a unitized rotary rig used in conjunction with a cable rig. The program is continuing at a satisfactory rate.

GEOGRAPHY

The Ogaden is composed of rolling sand plains with a gentle eastward gradient —from 2000 feet above sea level at Uardere to approximately 1000 feet at the Italian Somaliland boundary. This stope continues to the Indian Ocean. The plains are composed of poorly sorted, loose, iron-stained quartz sand of eolian origin. Dune topography is prevalent north of latitude N. 7° 30′.

Termite mounds 10 to 20 feet in height are typical of the Ogaden. Ranging from red to buff in color, they reflect to a certain extent the soils from which they were constructed. Red termite mounds overlie the sand plains, and buff mounds appear over the Lower Eocene limestones.

Caliche is also frequently found in the sand plains. It consists of pendant bodies at the surface and as lenses or patches within the sand

cover. Although "caliche" is a term commonly applied to carbonate rocks developing from evaporation of upward migrating carbonate solutions, the Ogaden caliche is composed predominately of silica. This composition can be accounted for by three stages in formation: derivation from the underlying Lower Eocene (Auradu) limestones; and transportation to and deposition at or near the surface, followed by a process of induration causing the replacement of the carbonate by silica.

Occasional "islands" of Tertiary sediments protrude through the sand cover with a maximum relief of 160 feet. Within Ethiopia these outcrops consist of highly weathered limestone and basalt of the Auradu formation.

The outcrops have been altered in many places by two modes of silica replacement: formation of duricrust similar to the caliche in composition and physical characteristics, and formation of secondary chert as an end stage of silica replacement. All evidence points to an epigenetic origin for the chert. (With few exceptions, the macro-fauna of the Lower Eocene limestone is composed of chert with a limestone matrix. Fractures of the limestone are chert-filled. Moreover, this rock type appears as discontinuous lenses having little stratigraphic significance.)

The water holes at Uardere and Galadi are situated in topographic depressions in which deposits of secondary gypsum have accumulated. The fluid level of these holes fluctuates greatly depending upon the amount of seasonal rainfall. The water is a particularly noxious variety and results from the high calcium sulfate content mixing with organic matter (animal and human excreta), apparently causing a reduction of the sulfate to hydrogen sulfide. Deaths through asphyxiation have been reported at similar type wells in British Somaliland. Although the water from these wells does not seem suitable for human consumption, the Somali people apparently have developed an immunity both to its taste and its dysenteric quality.

Solution effects are common throughout areas of the Ogaden limestone outcrops. The numerous instances of insurmountable lost circulation problems in drilling operations can be directly attributed to the vuggy and karstic nature of the near-surface limestones. Several large caverns open at the surface and ranging from 10 to 90 feet in depth are known to exist in the vicinity of Gumburo and Galadi.

Loss of circulation in drilling 2½ miles north of the Galadi gypsum depression to a depth 750 feet above sea level indicates that the ground water table may not have been reached. (The elevation of the water level in the Galadi depression varies from approximately 1240 feet to 1290 feet above sea level.) This suggests that the shallow water accumulations at Galadi result from arrested downward movement of ground waters probably caused by relatively insoluble intercalations which have clogged the karstic topography.

Given the climatic conditions of the Ogaden, a regional water table could theoretically approach sea level. But in an area of karstic drainage such as is known to be present in the Auradu formation of the Ogaden, local interruptions of downward moving surface waters can be anticipated at different levels.

Apart from local irregularities, the water table rises gradually to the northwest in a gentler grade than that of the topographic slope. Accordingly, the water table is isually encountered at greater depth from the surface in that direction.

CLIMATE

A meteorological station was established at the Gumburo base camp on April 1, 1950. Although originally intended as an aneroid barometer check station, it was also used to collect supplementary weather information.

During a typical 12-month period, April 1950 to April 1951, 6.68 inches of rainfall were recorded. The precipitation resulted mostly from thundershowers and cloudbursts, and in one instance three inches of rainfall accumulated within two hours. There was a continuous light drizzle during only one or two days. It is not surprising, therefore, to find that there was no rainfall during 87.7 per cent of the days in the recorded period. The rains fell during March, April, May ("Gu" rains), and September and October ("Dhair" rains).

Relative humidity, except for the months of March, April, and October, is low —35 to 45 per cent.

The prevailing winds are closely related to the monsoons. During October, the wind shifts from the southwest to the northeast. From November to the middle of March, the winds are out of the northeast with an average force of Beaufort 3 (8-12 miles per hour). In the middle of the dry season, December and January, the wind is gusty

as a result of thermals which develop in the hot, dry plains country. "Dust devils" reaching 800 to 1000 feet above the ground are frequently observed during these two months. The winds lose their intensity and shift around the clock throughout March and April. By the middle of May, they are out of the southwest and continue from this direction until October. The velocity of the southwest winds averages from eight to 12 miles per hour.

The average maximum temperature for the recorded period was 89.9° F; the average minimum, 68.6° F. Although the diurnal variation is high throughout the year, the maximum and minimum did not vary greatly between the wet and dry seasons.

CULTURE

The predominant population is a nomadic group of the Moslem faith belonging to the Ogaden tribes of the Somalis. These people have adapted themselves to the semi-arid climate and meager vegetation and subsist mainly by grazing their goats and camels. Owing to the severity of their environment and the consequent high infant mortality rate, the Ogaden Somalis have developed into a hardy stock who live in conditions of extreme poverty compared with Western standards.

Political administration is difficult to enforce in the Ogaden. Government-appointed District Commissioners located at the various settlements are responsible to the Governor of the Ogaden at Jijiga. For reasons of security, the Government of Ethiopia also maintains military detachments at these settlements. Otherwise, tribes, subtribes, and sections are within themselves independent, self-governing units. Members migrate from one water hole to another within tribal boundaries defined by such cultural features as camel trails or truck tracks. In many cases, seasonal water holes are shared by more than one tribe. As water is a priceless necessity, most inter-tribal warfare stems from disputes concerning its possession or control.

The major water sources are numerous wells which have been dug in the perched water tables at Uardere, Ual Ual, Galadi, and Domo. Around these water holes have congregated the only semi-sedentary people of the Ogaden. Such groups are composed of Ethiopian governmental officials, army personnel, and Somali traders. The population of the settlements varies greatly through the seasonal influx of tribal nomads.

REGIONAL GEOLOGICAL HISTORY

Throughout the Paleozoic era, the Horn of East Africa appears to have been stable and at the beginning of Triassic, the area was above wave base. Erosion throughout the Triassic resulted in the accumulation of continental beds. These increased from a thin veneer to the north and west to thick accumulations in a subsiding basin centering in southeastern Ethiopia. Correlation of marine beds of the predominately continental Adigrat formation with the thick limestone beds of southeastern Ethiopia indicates the northwest advance of epicontinental seas until Middle Jurassic. The Adigrat formation is a progressive facies ranging from Upper Triassic age in the eastern Ogaden to Middle Jurassic to the northwest. Subsidence of the East African Horn continued until the Upper Jurassic, at which time Ethiopia, Somalia, British Somaliland, and northeast Kenya were completely covered by limestone seas. Down warping in the southeastern Ethiopian embayment accounted for the increased thickness of marine beds during this interval.

Mackay notes the increased sandy character near the top of the Gawan limestone and suggests this as indication of the beginning of renewed uplift in late Portlandian. Evidence from the Ogaden district points to maximum uplift in western British Somaliland and central Ethiopia in Tithonian to Barremian. As far as is known, withdrawal of the Jurassic seas was complete with the exception of a remnant evaporitic basin covering a large area of the eastern Ogaden. The late Jurassic uplift was probably accompanied by tensional faulting in northern British Somaliland which has allowed the preservation of the Jurassic section within fault blocks. Faulting took place prior to the deposition of the Upper Cretaceous continental beds.

The second major advance of shallow shelf seas commenced through the Ogaden embayment in Lower Cretaceous and was continuous as far northwest as Dire Dawa. Northwestern British Somaliland remained as a positive element and a source of continental sediments, but northern Somalia and eastern British Somaliland were below wave base at least during part of the Upper Cretaceous. Although there was complete sedimentation in the center of the Ogaden embayment throughout the Upper Cretaceous, some oscillation of the strand line is indicated at the edges of the embayment by the sequence of lithologic types

occurring in the western Ogaden section. Renewed uplift accompanied almost complete withdrawal in Upper Cretaceous and Paleocene. The interpretation of a Paleocene and Danian age for the Jesomma formation is based on the presence of shallow water dwarfed micro-fauna in the shale and sandy shale equivalent of the Jesomma in the eastern Ogaden. Part of the Nubian is quite probably older than the Jesomma formation. Hence it is interpreted as a regressive facies. As elsewhere in the Middle East, there is little indication of a hiatus in the passage from Cretaceous to Eocene beds.

An invasion of an oscillating shallow shoal sea at the beginning of the Eocene resulted in a series of interbedded limestones and shales. A short interval of emergence associated with fracturing followed in the Ogaden. The fractures were the source of fissure eruptions which produced local isolated basalt flows. From the trends of the fracture systems, it is inferred that this tensional orogeny is associated with the inception of the movements which are manifested in the Rift Valley to the west and north. Erosion and, in some cases, complete removal of the basalt have been observed. The tensional orogeny can be precisely dated by the complete submergence of the Auradu formation and the deposition of an overlying Upper Massive limestone member.

For the remainder of the Tertiary, the Ogaden and northeastern Kenya appear to have been emergent, and a period of erosion was followed by deposition of an eolian sands mantle of varying thickness. In northern British Somaliland there was only partial withdrawal of the Auradu seas and formation of an extensive evaporite basin in eastern British Somaliland and northern Italian Somaliland. Unlike Ethiopia and northern Kenya, the British Somaliland and Somalia area was the site of considerable accumulations of Tertiary sediments. The sedimentation in northern British Somaliland reflects oscillatory movements of a shallow shelf sea succeeded by deposition of thick accumulations of clastics which accompanied recurrent uplifts. In Pliocene there was a renewal of volcanic activity on a much larger scale, creating extensive basalt flows which covered north and central Ethiopia and eastern British and French Somaliland. To a lesser extent, vulcanism continued into the Pleistocene epoch and to the Recent.

REGIONAL GENERALIZED SECTION

Eocene-Recent

Surface Sands

The mantle of late Tertiary sands is deposited over a dissected bed of Lower Eocene limestone dipping gently southeast. The depth of this sand cover varies from zero to over 200 feet. The sands are of eolian and alluvial origin, derived from the reworking of the Jesomma formation (outcropping in a north-west-southeast belt from Jesomma, Italian Somaliland to Jijiga, Ethiopia) and the Nubian sandstone [Upper Cretaceous (?) exposed in an east-west belt across British Somaliland]. The Jesomma formation was uplifted toward the close of the Eocene and was subjected to erosion throughout late Tertiary. The Nubian sandstone apparently was elevated simultaneously with Rift Valley faulting (late Oligocene-early Miocene). Eolian transportation and eolian-alluvial deposition of the Ogaden sands probably continued throughout late Tertiary. Ranging from red to buff in color, the sands are composed of poorly sorted, well-rounded, frosted to clear angular quartz.

CALICHE

The surface outcrops of caliche appear commonly but haphazardly throughout the area. They are exposed as patches of bolster-like concretionary bodies ranging from three inches to two feet in diameter. Structural drilling has also disclosed the existence of caliche lenses within the sand cover. As this information is derived from the drill, particulars about lateral dimension and general shape of the lenses cannot be given.

The subsurface and surface appearances vary in composition from poorly consolidated quartz grains cemented by calcium carbonate to very dense, lenticular bodies of indurated, silicified material. The origin of these bodies has been considered elsewhere in this paper.

GYPSUM

A 40-foot section of impure gypsum and selenite interbedded with red sands and clays has been observed in the Galadi depression. These

beds have been assigned to the Taleh formation (Lower Eocene of northern Italian Somaliland, the Anhydrite series of British Somaliland) by Migliorini. Similar gypsum accumulations in the depression at Uardere have not been so correlated by him. If his correlation is correct, these two outliers would greatly extend to the west the evaporitic seas of Lower Eocene. Such extension is not substantiated by the work of Macfadyen in British Somaliland.

Lack of horizontal continuity, poor bedding, and the intimate relation of the gypsum deposits to the red continental eolian sands and reddish-brown alluvial clays induce belief that they are of alluvial-eolian origin. There is little doubt that these deposits were originally derived from the Taleh formation or from the extensive belts of Upper Cretaceous and Jurassic gypsum in the Faf depression and the Tugh Fafan valley to the west. The beds are probably the result of wind and seepage water which transported and concentrated materials from these formations in a topographic depression.

Lower Eocene (Auradu Formation)

The name "Uradu" was assigned by Gregory to a series of fossiliferous limestones at Auradu, British Somaliland. Although he originally correlated it as Cretaceous in 1900, it has since been reassigned to Eocene following corrections made to the original identifications by Newton in 1905.

"Uradu" was subsequently changed to "Auradli" by the Anglo-Persian Oil Company, thence to "Auradu" either by Wyllie or Macfadyen. Confusion over the name appears to have evolved from attempts to spell it phonetically because the Somalis have no written language.

The Auradu was raised to a series name and later subdivided by Wyllie into the Allahkajid Beds (above) and the Auradu Limestone (below). The following description is given by Macfadyen:

"The *Allahkajid Beds,* forming the upper part of the series, comprise a series of limestones, sometimes white and chalky in character, particularly in the type area round Allahkajid, but often hard. These are interbedded with much very tough shales, in colour green to yellow, or often a characteristic white shale with red spots. The beds are generally not of great thickness except at Allahkajid and nearby, where in the Allahkajid Section IV the whole Lower Eocene succession is of this facies and is 376 m. thick. In the Biyo Gora Section I the beds are still 189 m. thick.

"The *Auradu Limestone*, forming the lower part of the series, is very hard, massive and thick bedded, often with a curious pseudo-concretionary structure, so that when weathered it may simulate a conglomerate. It generally includes a considerable number of real concretions of cherty material which weather out in rust-red tints. This limestone is particularly conspicuous in the field since it stands up well and is frequently bounded by great cliffs, nearly vertical and with many caves in them. These cliffs usually weather to a rusty red colour. The thickness is of the order of 200-400 m."

Macfadyen notes that the Auradu Limestone thins "to the edge of the basin of deposition" and that the Allahkajid Beds are absent at Hargeisa. In all cases, the limestone outcrops of the Ogaden are similar in lithology to those described and assigned by Macfadyen to the Auradu Limestone. Nevertheless, it should be stressed that the identical features are those which have been impressed upon the rock. Pseudo-concretionary structures, cherty materials (including fossils) weathered out in rust-red tints, and cavernous nature are all characteristics of this secondary alteration.

The sequence of similar limestones enclosing a clastic interval and a basalt flow of the eastern Ogaden is now assigned to the Auradu formation. This lithologic unit is equivalent to Ruggieri's Lower Auradu and Wyllie's Auradu Limestone of the Auradu Series. It is our belief that the fossiliferous Allahkajid Beds are not represented in the Ogaden section.

Chert, dense, mottled, blue, white, light gray, tan, very hard, compact, with conchoidal fracture, massive to thin-bedded, occasionally nodular. *Miscellanea miscella, Operculina cf. canalifera, Liotia somaliensis, Turbo (Pareuchelus) pluricingulatus (n. nov).*

Limestone, dense, white to pinkish gray, hard, massive-to thin-bedded, with abundant dendrites of manganese, cherty.

Clay, sandy, mottled, yellow-red-tan, soft, friable, interbedded with *Sand*, red, medium-grained, loose, unconsolidated, composed of subrounded, occasionally frosted, iron-stained quartz.

Basalt, aphanitic, very dark gray to black, microporphyritic texture with subhedral and euhedral phenocrysts of labradorite, augite, and olivine, medium hard, highly weathered in upper part, more compact near base with abundant calcite-filled fractures.

Clay and *Claystone*, sandy, mottled, light buff to yellow, limonitic, and occasionally calcareous.

Marl and *Limestone*, light gray to white, sandy, argillaceous, soft, thin-bedded. *Dictyoconus aegyptiensis, Camerina (Nummulites) hormoensis, Miscellanea miscella, Eponides umbonatus, Sakesaria cotteri, Dictyoconoides newboldi, Bairdia subdeltoidea.*

Paleocene-Upper Cretaceous (Jesomma Formation)

Migliorini assigned to the Jesomma formation a varying thickness of red, brown, purple, and yellow unfossiliferous sandstones. Predominately of eolian origin, the formation outcrops in a narrow belt from Jesomma, Somalia (N. 4° 30′, E. 45° 43′) N. 50° W., to the vicinity of Harar and Dire Dawa. Its relation to the underlying Belet Uen Cenomanian limestone of the western Ogaden and the overlying Auradu Lower Eocene limestone suggested its assignment to the Turonian and Senonian substages. In lithologic similarity and stratigraphic position this formation is correlated with the Nubian sandstone of northeast Africa and the Marehan sandstone of Kenya. The Jesomma formation retains its lithologic characteristics in an easterly direction to the meridian of Gumburo. Further to the east there is an increase in the amount of shale at the expense of the sand. At Galadi the Jesomma is represented by a section of dark gray and blue shales and silty shales with occasional beds of fine sand. The shales are highly pyritic, lignitic, and fossiliferous. Based on Tromp's quantitative method of age determination, a Paleocene age is assigned to the formation at the meridian of Galadi. This correlation is supported by the presence of *Globorotalia velascoensis* and *Globigerina triloculinoides* and the absence of *Gumbelina sp.* and *Globotruncana sp. Orbitoide faujasi* in the underlying Gumburo series indicates that the Jesomma of the eastern Ogaden is Danian Montian and Thanetian.

Sand, maroon, red, and yellow, variegated, poorly sorted, fine to coarse grain, composed of rounded to subrounded frosted, iron-stained quartz.

Sand, shaly, maroon, yellow, tan, mottled, poorly sorted, with soft argillaceous cement.

Shale, sandy, dark gray to black, soft, pyritic, hematitic, fossiliferous, *Globigerina cf. triloculinoides, Globorotalia velascoensis, Anomalina cf. ammonoides.*

Upper Cretaceous-Lower Cretaceous (Gumburo Series)

The Belet Uen limestone, the Ferfer gypsum, and the Mustahil limestone of the western Ogaden described by Migliorini and summarized by Hall Taylor are not found in the eastern Ogaden. These formations, however, are represented by a thick accumulation of fossiliferous, lignitic, and pyritic dark gray marine shales and limestones. This sequence is of the basin type with deposition in quiet water under conditions of restricted circulation. It has been designated as the Gumburo series because of its distinct lithology as contrasted with the western Ogaden Shelf Sequence, the clastic formations of northern British Somaliland, and the Northern Frontier District of Kenya.

The Gumburo series is the age equivalent of the Mustahil, the Ferfer, the Belet Uen, and, in all probability, part of the Jesomma formation extending from Aptian to Danian. Northward it increases in sand to northern British Somaliland, where it is represented by thin tongues of limestone of Cenomanian age.

Limestone, argillaceous, fine crystalline, medium gray, with irregular shale partings, stylolites, fossiliferous, *Orbitoides faujasi.*

Shale, calcareous, greenish gray and black, medium hard, frangible, splintery, thin-bedded, fossiliferous, *Orbitoides faujasi.*

Limestone, argillaceous, light to dark gray, medium hard, uneven fracture, with abundant shale partings, fossiliferous, *Orbitolina lenticularis, O. scutum, O. cf. concava, Vola morrisi, V. aethiopica.*

Shale, calcareous, light gray, soft, friable, medium hard, lignitic, interbedded with bluish gray *Shale*, soft, fossiliferous, *Exogyra flabellata, Pholodomya picteti, Crassatella cf. baudeti.*

Upper Jurassic (Main Gypsum Formation)

In the western Ogaden, the composition of the Main Gypsum formation is predominately crystalline and massive gypsum with marly shale intercalations. Migliorini assigned a Portlandian to Barremian age to this formation from its relation with the underlying Gabredarre and the overlying Mustahil formations. He also observed that the Main Gypsum merges with the Mustahil by intercalation. Although the presence of an unconformity at the top of the Main Gypsum has not been demonstrated by our surface investigations, the gradational boundary noted by Migliorini does not appear to be well defined. Moreover,

drilling evidence in the eastern Ogaden has conclusively established the existence of an unconformity at the top of the Main Gypsum formation. In British Somaliland Mackay has also noted the Jurassic-Cretaceous unconformity, but because of absence of beds its dating in British Somaliland is within wider age limits.

Lithologically, the Main Gypsum formation of the eastern Ogaden is similar to that of the west, except that the evaporite representative is entirely anhydrite rather than gypsum as a result of the amount of overburden. There also appears to be a greater development of limestone and a decrease of shale and anhydrite. The eastern margin of the evaporitic basin of late Jurassic is located in the vicinity of the meridian of Galadi.

Because no fossils have as yet been recovered from this formation, its stratigraphic position, i.e., Upper Jurassic or Lower Cretaceous, is one of conjecture. Our assignment to the Upper Jurassic rests upon the aforementioned angular unconformity existing between the Main Gypsum and the overlying Gumburo series.

Anhydrite, dense, mottled and banded, dark gray and white, impure, hard, compact, with irregular intercalations of olive green *Shale.*

Shale, gray green, soft, splintery, interbedded with thick-bedded gray to white impure *Anhydrite.*

Limestone, argillaceous, light gray, fine crystalline, medium hard, compact, with occasional irregular nodular inclusions of *Anhydrite.*

(Gabredarre Formation)

The buff and cream and light grayish green limestones of the Gabredarre formation are consistent in lithology throughout the East African Horn as are the Gawan limestone of British Somaliland and the Upper Limestone of Kenya. They are characteristically dense, very hard, and thick-bedded. The Portlandian assignment is made on fauna recovered from the western Ogaden including *Burgundia semiclathrata, Cidaris glandaria, Nerinea desvoidyi.* The presence of *Belemnopsis tangenensis* and *Anavirgatites sp.* in the basal Gabredarre of the eastern Ogaden and its equivalent in northern British Somaliland indicates that the lower part of the formation may extend to Kimmeridgian.

Limestone, argillaceous, grayish green, massive, medium hard, with irregular green shale partings and occasional nodules of *Anhydrite*, fossiliferous, unidentified corals.

Limestone, dense, very light gray, very hard, compact, subconchoidal fracture, massive, oolitic.

Limestone, argillaceous, grayish to greenish gray, hard, compact, massive, occasional pyrite, fossiliferous, *Belemnopsis tangenensis*.

(Uarandab Formation)

Although the upper boundary of the Uarandab formation is not well defined in the western Ogaden, there is an abrupt change in passing from the Gabredarre to the Uarandab formation of the eastern portion of the Ogaden. Throughout the East African Horn, this formation has remarkably constant lithology and thickness. The occurrence of *Belemnopsis tangenensis* seems to be common in the Daghani shales of British Somaliland and the Upper Shale of the Northern Frontier District of Kenya.

Shale, silty, dark gray to dark greenish gray, hard, brittle, platy, thin-bedded, with abundant pyrite, fossiliferous, *Belemnopsis tangenensis*, *Subplanites sp.*

Upper Jurassic-Lower Jurassic (Hamanlei Series)

The Upper Hamanlei consists of cream colored to light gray limestones which range in texture from dense, oolitic, and argillaceous to porous and coarsely crystalline. The contact between the overlying Uarandab and Hamanlei series is not sharp but it is conformable. The base in the eastern Ogaden is transitional into the Adigrat sandstone. The Lower Hamanlei of the eastern Ogaden, not present in the other areas, is a dense, oolitic limestone interbedded with anhydrite. The fauna of the Upper Hamanlei in the eastern and western Ogaden is Kimmeridgian and is therefore considered to be partly equivalent to the Wanderer and Gahodleh formations of northern British Somaliland and the Middle Limestone and Middle Shale of Kenya. Although the thick Lower Hamanlei is generally unfossiliferous, one species of *Conicospirillina* occurs abundantly near the base of the formation.

Limestone, yellowish gray, coarse crystalline, very hard, with thin irregular shale partings, porous fossiliferous, *Septirhynchia azaisi*, *Nerinea somaliensis*.

Limestone, light gray, speckled, dense to finely crystalline, very hard, occasional partings of greenish gray shale, oolitic, fossiliferous, *Posidonia somaliensis.*

Anhydrite, white, massive, with interbedded gray, medium-soft crystalline and oolitic *Limestone.*

Limestone, argillaceous, dark gray, dense, very hard, fossiliferous, *Conicospirillina cf. trochoides.*

Lower Jurassic-Triassic (Adigrat Formation)

The basal formation of the Mesozoic, the Adigrat, is a thin veneer of eolian and near-shore marine sands in northern British Somaliland and north-central Ethiopia. Preserved minerals of the underlying basement complex indicate that this formation has undergone little reworking and transportation. To the southeast, the Adigrat formation expands rapidly and in the eastern Ogaden is thick and composed of conglomerates, sandstones, ortho-quartzites, and red sandy shales of marine and eolian origin. In the vicinity of Harar, Ethiopia, a poorly preserved molluscan fauna has been recovered from a thin limestone tongue within the formation and has been tentatively identified as Lias, *Pseudomonotis sp., Pteria sp., Læda sp., Cardinia sp., Posidonomya sp., Ceratomya cf· matagoiensis, Pholodomya sp., Thracia cf. incerta, Pleuromya sp., Astarte sp.* This correlation implies that the Adigrat of the northern Harar Province is synchronous with the Lower Hamanlei formation of the eastern Ogaden, and, at the same time, the underlying Adigrat of this area is older than that in the north.

Sandstone, very light gray, medium-grained, soft, friable, cross-bedded, with occasional pyrite.

Sandstone, dark gray, coarse-grained, loosely consolidated, with abundant pyrite and argillaceous cement.

Conglomerate, composed of subrounded cobbles of quartz, with indurated claystone matrix.

Shale, sandy, micaceous, reddish brown, soft, thin-bedded, with streaks of fine-grained iron-stained sandstone.

CONCLUSIONS

Lithologic similarities have encouraged the retention of the formation names proposed by the AGIP geologists for the western Oga-

den. Detailed section studies have been previously undertaken in neighboring British Somaliland and Kenya. Results of the exploration of the eastern Ogaden serve as a connecting link for the three areas and have made it possible to correlate the formations of the Horn of East Africa.

Throughout Mesozoic and Cenozoic eras the East African Horn is classed as a shelf area. Northern British Somaliland, north-central Ethiopia, and Kenya have been predominately stable in contrast to the eastern Ogaden area. Its instability, coupled with almost continuous deposition, has resulted in a geologic record in which little has been lost through removal. Vertical penetrations of the section have allowed for tracing continental and near-shore formations into a marine environment and have permitted a more accurate correlation of the formations of the stable shelf areas than has been possible in the past.

Changes in accepted correlations and their implications to the geologic history of the East African Horn follow:

1. The Adigrat formation is interpreted as a transgressive facies ranging from Triassic in the eastern Ogaden embayment to Middle Jurassic in northern British Somaliland and north-central Ethiopia. At the latter locality, the Adigrat formation is believed to be equivalent in age to the Lower Hamanlei series of the eastern Ogaden.

2. The near-shore limestone and evaporitic formations of Neocomian to Senonian age of the western Ogaden lose their formational identity to the east, where they are represented by a thick accumulation of undifferentiated interbedded limestones and shales.

3. The Nubian, Jesomma, and Marehan formations are believed to be a regressive facies in northern British Somaliland and are at least as old as Cenomanian. The Nubian and the Jesomma of the western Ogaden are represented by a marine equivalent of Neocomian to Danian age to the east. The Jesomma formation and a sandy shale equivalent in the eastern Ogaden area are correlated as Paleocene by paleontological evidence.

4. Rift Valley faulting has been interpreted by Macfadyen as commencing in Oligocene. Mackay's study of fault relationships resulted in an interpretation of an earlier age (Auversian-Oligocene). The tensional orogeny in eastern Ethiopia can be accurately dated as Ypresian. This suggests possibly still older origin for Rift Valley faulting.

BIBLIOGRAPHY

AYERS, F. M., *Geology of the Wajir-Mandera district, North-east Kenya,* U. S. Geol. Survey Library 146819, 1952.

DIXEY, F., *Geology of Northern Kenya:* Geol. Survey Kenya, Report 15, 1948.

GREGORY, J. W., *On the geology and fossil corals and echnids of Somaliland:* Geol. Soc. London Quart. Jour., vol. 56, 1900.

HEDBERG, H. D., *1953 developments in foreign petroleum fields. Africa:* Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 38, nº 7, 1954.

— *1952 developments in foreign petroleum fields. Africa:* Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 37, nº 7, 1953.

— *1951 developments in foreign petroleum fields. Africa:* Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 36, nº 7, 1952.

— *1950 developments in foreign petroleum fields. Africa:* Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 35, nº 7, 1951.

— *1949 developments in foreign petroleum fields. Africa:* Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 34, nº 7, 1950.

MACFAYDEN, W. A., *The geology of British Somaliland, Part I of the geology and paleontology of British Somaliland,* Published by the Govt. of the Somaliland Protectorate, 1933.

— et. al., *The Mesozoic paleontolgy of British Somaliland, Part II of the geology and paleontology of British Somaliland,* Published by the Govt. of the Somaliland Protectorate, 1935.

MACKAY, CHARLES, et al., *A geological reconnaissance of the sedimentary deposits of the Protectorate of British Somaliland,* London, Crown Agents for the Colonies, 1954.

MIGLIORINI, C. I., *Geology and oil prospects of Eastern Ethiopia,* unpublished, Sinclair Petroleum Co. nº 2016, 1948.

NEWTON, R. B., *The Tertiary fossils of Somaliland as represented in the British Museum (Natural History):* Geol. Soc. London Quart. Jour., vol. 61, 1905.

RUGGIERI, GIULIANO, *Ricerche stratigrafiche sulla "Serie dell'Auradu",* unpublished, Sinclair Petroleum Co. nº 1113.

TAYLOR, HALL, *Sinclair meets transport problems in exploring its Ethiopian concession:* Oil and Gas Jour., vol. 49, Aug. 5, 1948.

— *Geology of Ethiopia being developed by Sinclair in exploring concession:* Oil and Gas Jour., vol. 49, Aug. 12, 1948.

TROMP, S. W., *Micro-fauna of the Upper Cretaceous and Tertiary sections (Arabian facies) in the Urfa and Gaziantep regions (Southern Turkey):* M.T.A. Bull., Ankara, sene 8, sayi 1/29, 1943.

— *The determination of the Cretaceous-Eocene boundary by means of quantitative, generic, microfaunal determinations and the conception of the "Danian" in the Near East:* Jour. Paleontolgy, vol. 23, nº 6, 1949.

WYLLIE, B. K. N., in J. W. GREGORY, et al., *Part II. Geology of a portion of British Somaliland,* Mon. Geol. Depth Hunterian Museum, Glasgow Univ. 1925.

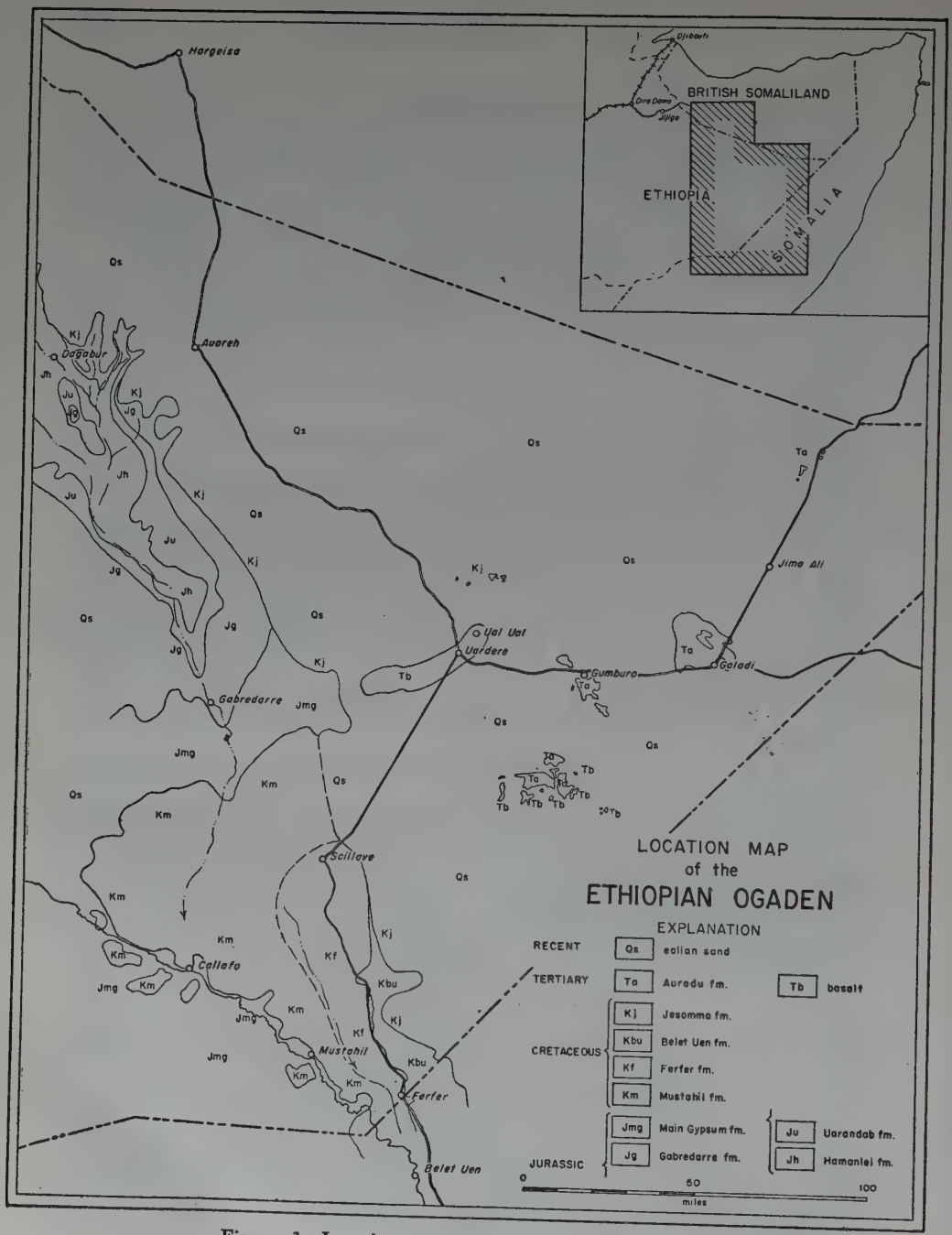


Figure 1. Location map of the Ethiopian Ogaden.

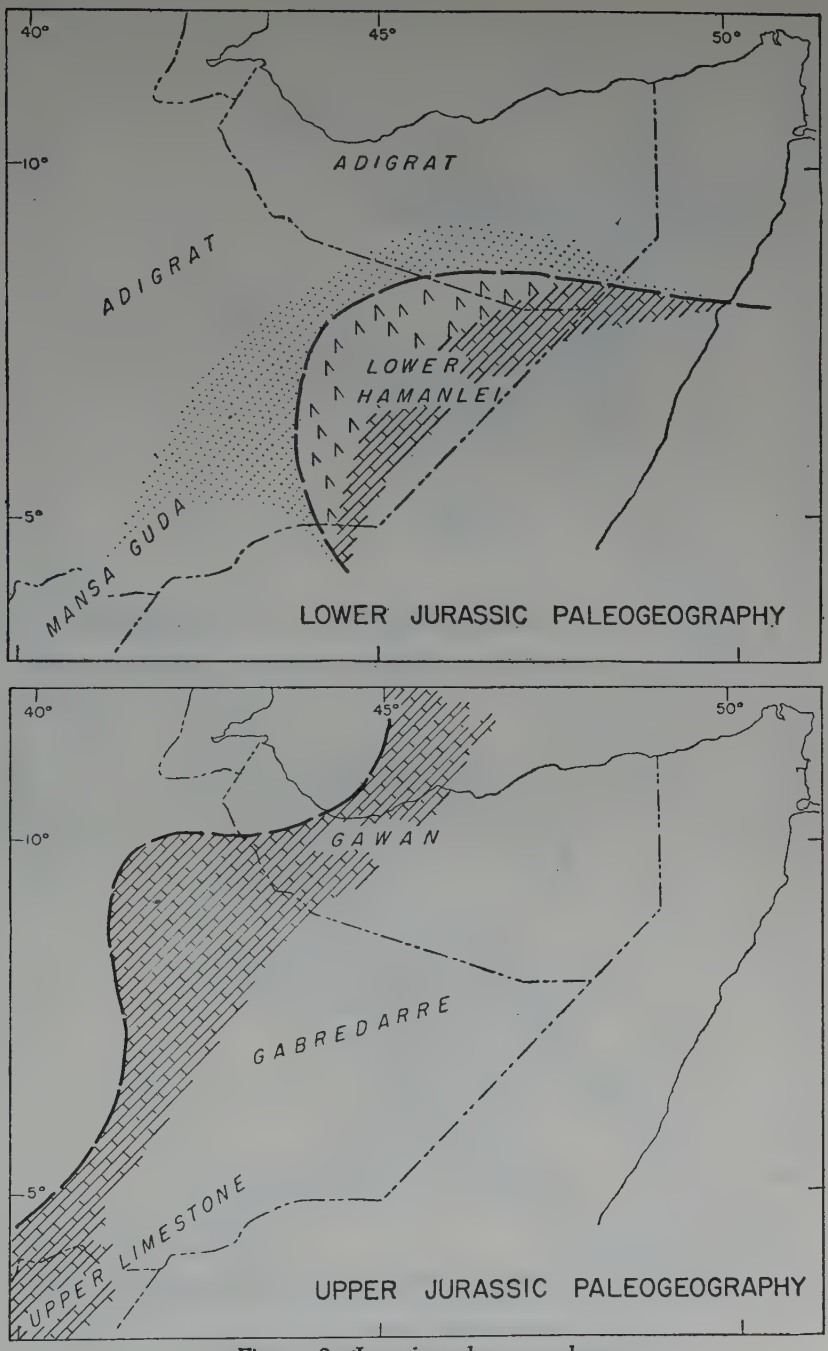


Figure 2. Jurassic paleogeography.

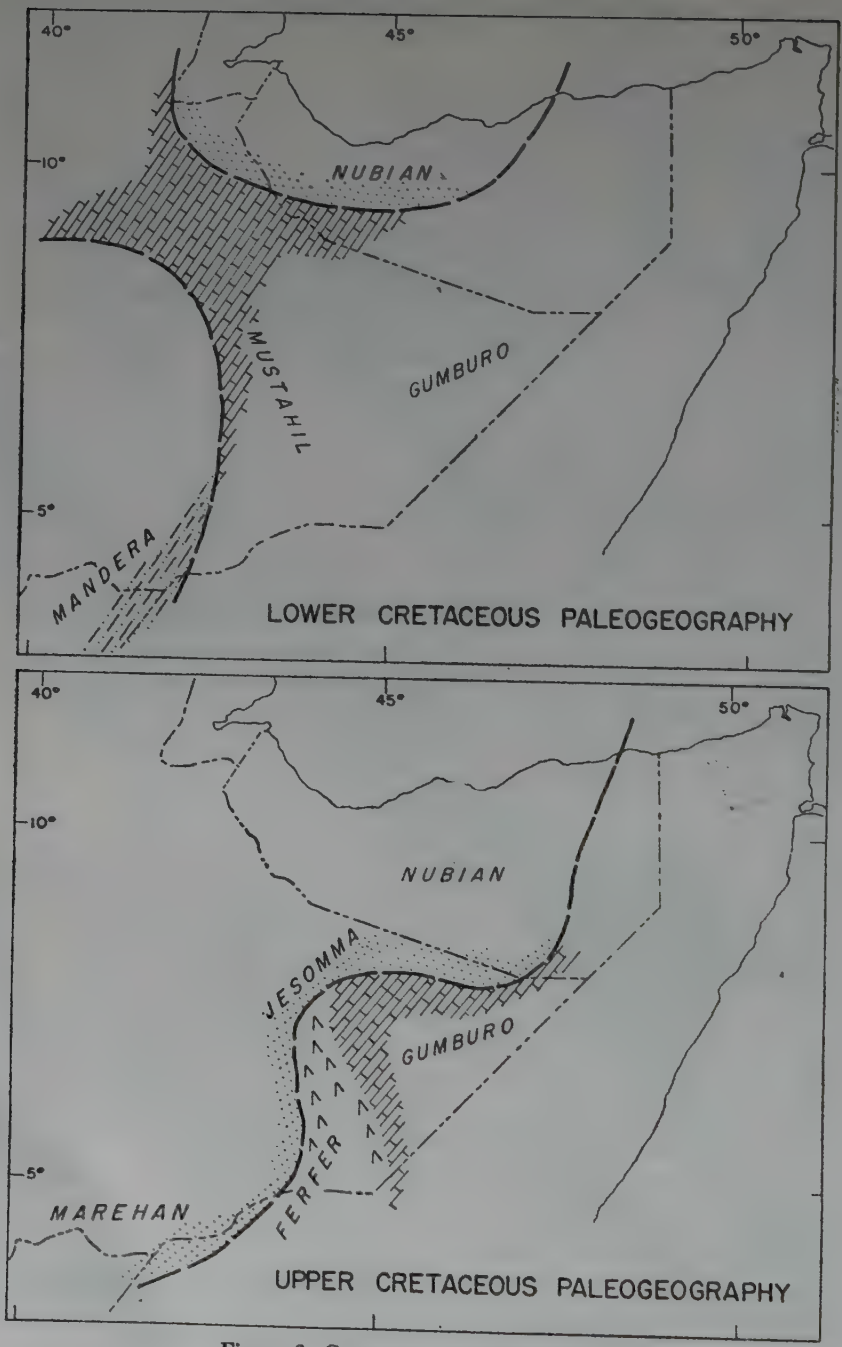


Figure 3. Cretaceous paleogeography.

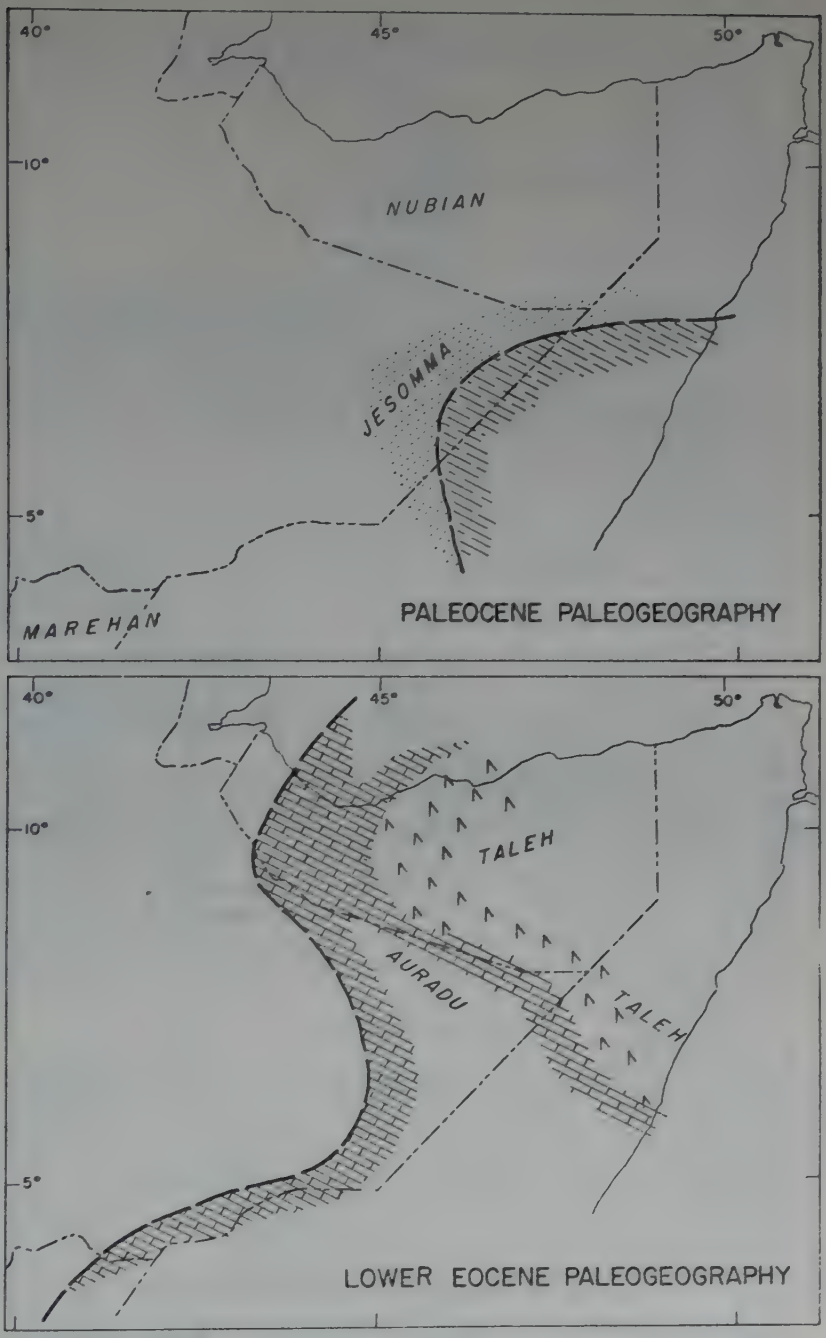


Figure 4. Paleocene-Eocene paleogeography.

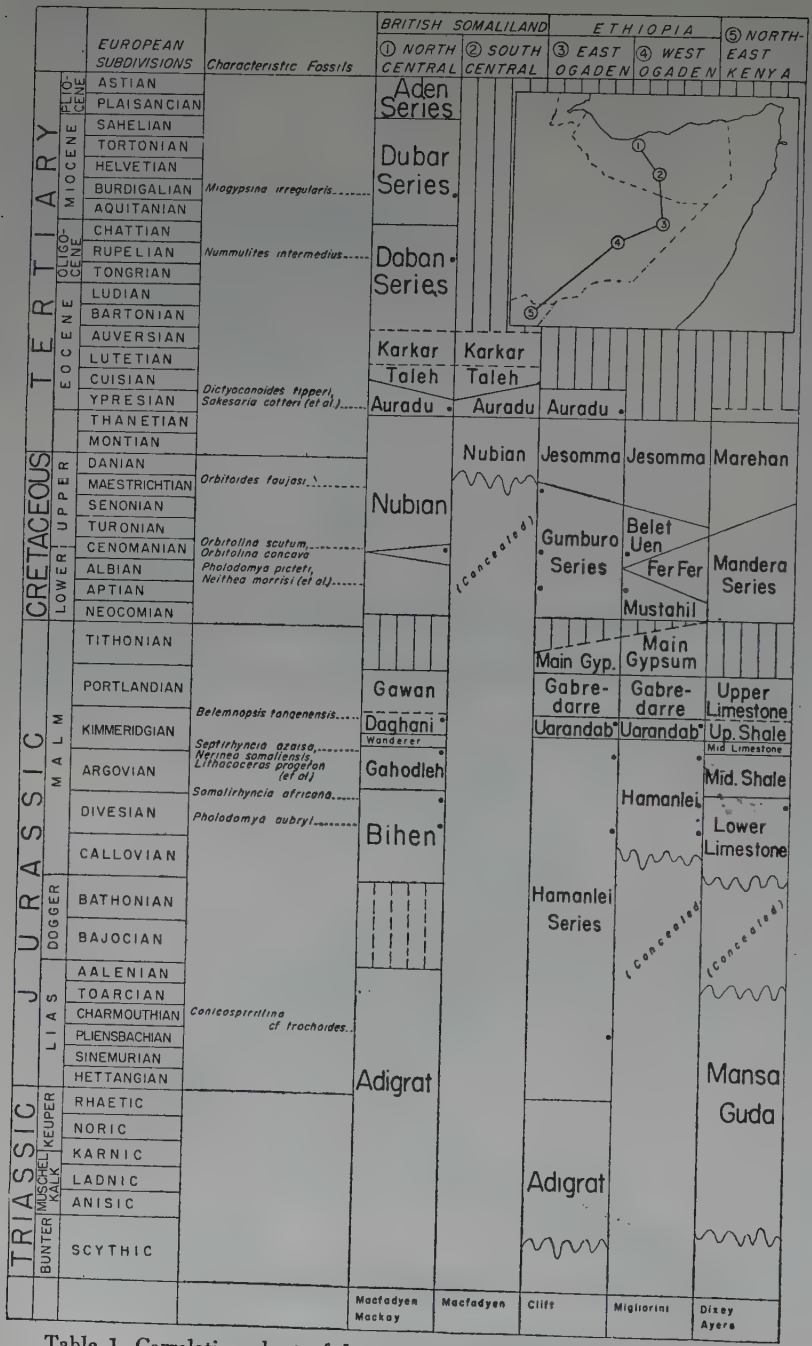


Table 1. Correlation chart of formations of the Horn of East Africa.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

AFRIQUE EQUATORIALE FRANÇAISE

LES RECHERCHES PETROLIERES DANS LA ZONE COTIERE DU GABON (Afrique Equatoriale Française)

Par V. Hourcq * et D. Reyre * *

RESUME

Les auteurs expliquent la structure du Gabon divisé en deux bassins sédimentaires séparés par un horst cristallin.

Ils décrivent la stratigraphie du bassin occidental côtier et exposent les raisons paléontologiques qui ont permis de différencier les termes de cette série qui comprend:

— "Le Cocobeach", ensemble non marin du Crétacé inférieur
— une série salifère d'âge aptien
— une série marine avec quelques épisodes continentaux, allant de l'Aptien au Miocène supérieur.

La structure de ce bassin grossièrement monoclinal mais soumis à une Tectonique salifère intense est expliquée, ainsi que les efforts effectués pour la recherche du pétrole qui ont abouti aux découvertes de Port-Gentil et d'Ozouri.

Les mêmes questions sont envisagées pour le bassin oriental où les séries antérieures au sel, limniques et continentales d'âge crétacé supérieur et peut-être jurassique sont beaucoup plus développées à l'affleurement.

Ce bassin est décrit comme étant un synclinal faillé dans son axe, à flancs dissymétriques et terminé au Sud par un périsynclinal bien dessiné.

INTRODUCTION

La côte Ouest du Gabon borde sur plus de cinq cent kilomètres un pays bas, couvert d'une dense forêt équatoriale, que seuls interrompent des lacs, des marais, des lagunes côtières et un dense réseau fluvial essentiellement constitué par les multiples bras de l'Ogooué et les estuaires du Nord du Gabon.

Cependant, au voisinage de l'Equateur, se développe immédiatement en arrière de la côte, un pays de collines et de savanes dû à des

* Géologue en Chef de la Société des Pétroles d'Afrique Equatoriale Française.
* * Géologue de la Société des Pétroles d'Afrique Equatoriale Française.

ESQUISSE GEOLOGIQUE DU GABON

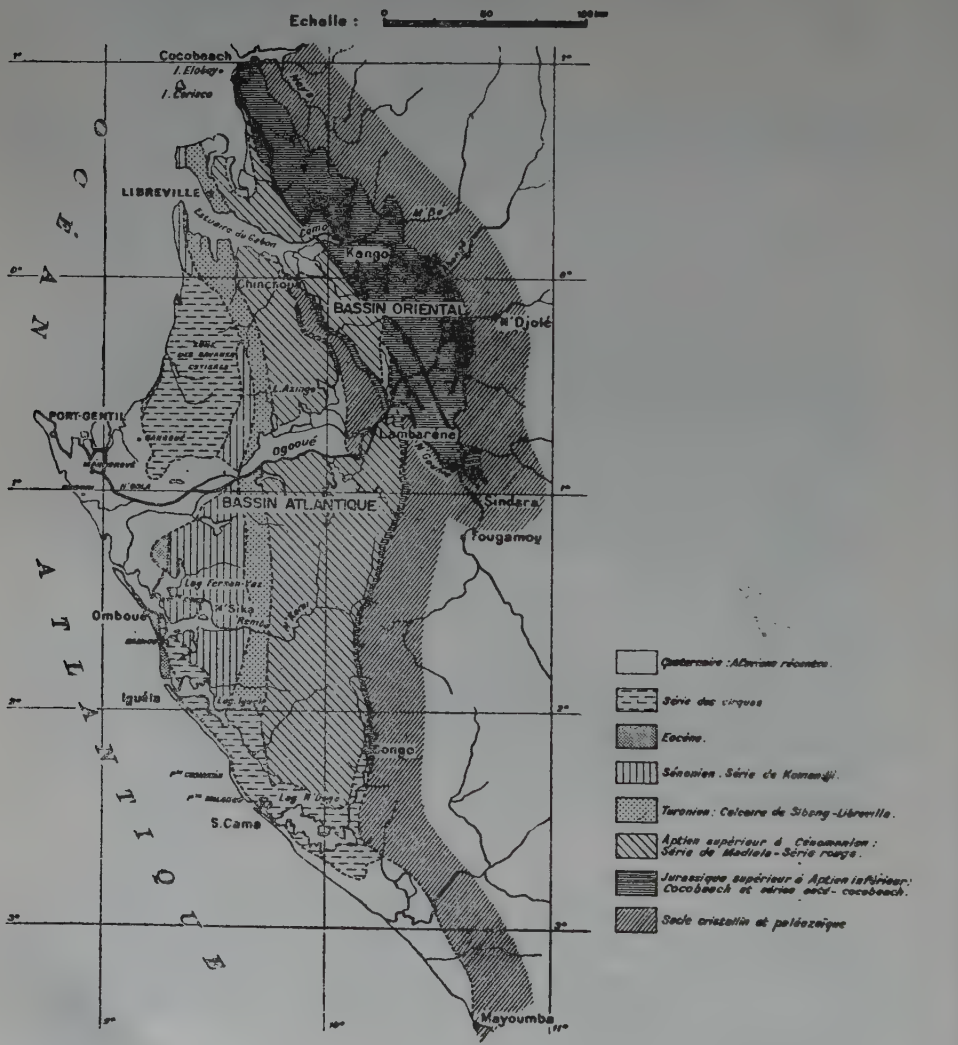


Fig.1

placages de sables continentaux de la fin du Tertiaire, cédant plus à l'Est la place à une zone forestière continue couvrant aussi bien les zones basses que les reliefs de plusieurs centaines de mètres qui marquent le rebord du socle cristallin africain.

Le pays qui s'étend au pied de ces reliefs est en effet constitué par un bassin sédimentaire de 50.000 kilomètres carrés environ, où des sédiments Secondaires et Tertiaires se sont accumulés sur une épaisseur dépassant couramment 4.000 mètres.

Depuis très longtemps, des suintements d'hydrocarbures sont connus en divers points de ce bassin et ce sont eux qui ont été à l'origine des recherches pétrolières au Gabon.

La carte jointe (Fig. 1) montre qu'il existe deux bassins sédimentaires au Gabon: le bassin Atlantique qui en couvre la plus grande partie, et, séparé de lui par un horst cristallin, le bassin Oriental dont le remplissage sédimentaire est plus ancien.

Nous ne considèrerons ici que le bassin Atlantique où se sont concentrées les activités de recherches pétrolières au cours des dernières années.

STRATIGRAPHIE

(Les déterminations micropaléontologiques sont dues au Dr. I. de Klasz, Micropaléontologiste de la Sté des Pétroles d'A.E.F.)

Les travaux de forage effectués depuis 1953 dans le bassin Atlantique nous ont fait découvrir des séries Tertiaires, ignorées jusqu'ici au Gabon, au-dessous d'un Crétacé Supérieur qu'il est difficile de corréler avec celui qui est connu plus à l'Est et au Sud Est (Fernan-Vaz).

Il existe dans tout l'Ouest du bassin une couverture très continue constituée soit de Quaternaire fluviatile ou de Quaternaire marin à faune subactuelle, soit encore par la puissante série fluviatile dite série de Cirque, dont les rapports avec le Quaternaire ou plus vraisemblablement avec le Tertiaire (en particulier Miocène supérieur) ne sont pas encore bien élucidés. Au-dessous, les forages ont rencontré une épaisse série marine, essentiellement argileuse, qui comporte du Miocène, de l'Eocène encore assez peu connu, du Paléocène, puis des couches de passage au Crétacé supérieur.

Miocène supérieur.

Les premiers niveaux considérés comme appartenant au Miocène, sous les divers types de couverture quaternaire, sont caractérisés par la présence d'Amphistégines. Plus bas, dans les zones plus argileuses, se trouvent de très riches faunes à Lagénidés, accompagnées de quelques genres plus pélagiques. La présence de Spheroïdinella futschi et de Spheroïdinella dehiscens montre que ces faunes appartiennent au Miocène supérieur, mais que le sommet de cet étage manque probablement.

La surface du bassin côtier couverte par du Miocène supérieur est de 500 à 550 Km^2.

L'épaisseur de ce Miocène, à Port-Gentil, est de 520 m. environ. Il s'accroît encore vers le Nord-Ouest d'après les indications de la sismique.

La série est constituée dans sa partie supérieure par une grosse masse sableuse, où s'intercalent des horizons marneux, de plus en plus nombreux vers la base pour céder enfin la place à une sédimentation marneuse homogène.

Les horizons sableux de la série représentent environ 45% de l'ensemble. Malheureusement, à terre, ils ne sont pas couverts, et l'on n'y a jamais jusqu'ici signalé d'indices.

L'intérêt pétrolier du Miocène supérieur paraît donc nul pour le moment.

Miocène inférieur.

La position des faunes du Miocène inférieur, bien qu'elles soient riches, n'a pas été déterminée avec la même rigueur. La plupart des espèces qui auraient permis des comparaisons avec les zones dont la stratigraphie est bien connue sont, en effet, à cheval sur l'Oligocène supérieur et le Miocène inférieur classiques.

Tel est le cas pour:

Globigerina venezuelana
Bulimina inflata
Sphaeroïdina variabilis (bulloïdes)
Triloculina tricarinata, etc...

Enfin, Bolivina concellata, qui aurait pu être considérée comme Oligocène, est accompagnée de faunes miocènes (Planularia formasa).

Si l'on admet que l'Aquitanien est compris dans notre Miocène inférieur, ces associations de formes s'expliquent très aisément. [1]

Il faut enfin signaler que jusqu'ici on n'a jamais rencontré, en forage, d'Oligocène prouvé. C'est avec celle du Pliocène-Miocène tout à fait supérieur, la seconde lacune stratigraphique de la série.

Le Miocène inférieur est connu sous toute la surface où s'étend le Miocène supérieur qui lui sert alors de couverture. Il déborde assez largement cette surface vers l'Est, ainsi que l'ont montré les forages de l'Affoggozzo, de la région de N'Gola et au Fernan-Vaz.

La surface de bassin occupée est de 1.230 Km.^{2} à terre.

Ce Miocène inférieur est, en général, discordant sur les termes antérieurs (Eocène, Paléocène) et n'a été que faiblement affecté par les mouvements dûs aux montées de sel (Mandorové) et parfois même ne l'est pas du tout.

Son épaisseur maximum est de 580 m. à Port-Gentil. Il est constitué d'argiles marneuses avec quelques intercalations calcaires ou dolomitiques qui, lorsqu'elles sont fracturées, peuvent donner des magasins acceptables comme on l'a vu à Mandorové.

Malheureusement, la proportion de ces horizons susceptible de constituer des magasins est, en épaisseur cumulée, très faible par rapport à la masse imperméable qui les entoure, comme le montre le tableau suivant:

Port-Gentil	Yombé	Mandorové
1,7 %	9 %	1 %

Il est possible que ces chiffres augmentent vers la ligne des rivages du Miocène inférieur. Mais le risque est alors que ces magasins soient mal couverts ou envahis d'eau douce.

Eocène.

La présence d'Eocène a été démontrée par la découverte, dans un forage du delta, d'une faune caractérisée par Hantkenina alabamensis.

L'âge de cette microfaune est donc compris entre le Lutétien et le Ludien.

Cet Eocène typique repose sur des couches à Radiolaires assez constantes dans le delta de l'Ogooué et à l'Ouest du Fernan-Vaz.

[1] Ce qui est confirmé par l'allure de la faune ichtyologique d'après les déterminations d'otholites faites par le Dr. Weiler, de Werms (Allemagne).

Paléocène.

Le Paléocène, d'abord observé aves des faunes très pauvres et pas absolument caractéristiques dans le forage de Port-Gentil, a ensuite été retrouvé avec des espèces types nord-américains dans la région de Mandorové-Yombé:

Loxoatemun applinae
Globorotalia crassata, var. aequa
— wilcosensis, var. acuta
— pseudobulloïdes
— triloculinoïdes
Anomalina midwayensis

Comme à Mandorové, il a été rencontré un peu plus bas, dans un forage, une autre faune Paléocène à cachet plus ancien, on peut penser que le Paléocène est complet au Gabon. Cependant, la limite Paléocène-Danien n'a jamais pu être fixée avec précision.

Le Paléocène est le terme le plus développé du Tertiaire dans le bassin Gabonais. Son épaisseur maximum en forage est de 1.100 m. (Mandorové) et son extension en affleurement ou sous couverture plus récente est de 3.550 Km.^{2} environ.

Dans la partie Ouest du delta de l'Ogooué, ce Paléocène est essentiellement argilo-marneux avec de minces intercalations calcaires susceptibles de donner, quand elles sont fracturées, des magasins. En direction de l'Est, ces intercalations se multiplient et passent même à des dolomies caverneuses. Des horizons sableux se développent simultanément, particulièrement au Nord-Est du delta (Gongoué), où ils sont continus, à la base du Paléocène, sur près de 300 m. d'épaisseur.

La protection de ces magasins sableux paraît toutefois mal assurée dans cette zone marginale du delta.

Cependant une bonne partie des indices de surface connus dans le bassin Atlantique paraissent associés à l'affleurement du Paléocène (Fernan-Vaz) et rendent l'exploration de cette série attrayante dans les zones situées en aval pendage.

La limite Crétacé-Tertiaire.

A la base du Paléocène les faunes s'appauvrissent considérablement et les espèces typiques du Paléocène disparaissent. Les associations faunistiques de cette zone sont essentiellement constituées par:

Rzehakina epigona (espèce post santonienne montant dans le Paléocène).
Haplophragmoïdes sp. 1
Siphogenerinoïdes sp. 1 et 2.

Cependant, ces faunes se retrouvent plus bas encore, associées à des espèces typiquement crétacées, de sorte que l'intervalle qu'elles caractérisent, lorsqu'elles sont seules, peut n'avoir aucune signification stratigraphique précise, mais correspondre simplement à des conditions écologiques particulières.

Il y a longtemps, par contre, que l'on avait signalé la présence, au Fernan-Vaz et à l'Ouest de la lagune d'Iguela, d'affleurements à Venericardia Beaumonti (d'Archiac) espèce qui caractérise le Danien en Afrique du Nord.

La révision, en cours, par Mme Freneix, des faunes de Lamellibranches crétacées des bassins Ouest africains, conduit à considérer cette détermination comme erronée.

Il n'existe donc aucune preuve paléontologique de la présence du Danien au Gabon jusqu'à ce jour, et les horizons pouvant appartenir à cet étage sont actuellement attribués, selon les parentés de faciès ou de faunes, tantôt au Paléocène, tantôt au Crétacé supérieur, ce qui rend la détermination de la limite Crétacé-Tertiaire tout à fait hasardeuse.

Sénonien.

Les termes inférieurs du Sénonien sont connus depuis longtemps au Fernan-Vaz et plus au Sud, où les riches gisements fossilifères de la côte ont permis de montrer l'existence d'un Coniacien tout à fait typique [3] (Milango) et un Santonien inférieur à Texanites texanum.

Les termes supérieurs n'ont jusqu'ici jamais fourni de faunes d'Ammonites permettant de caractériser le Campanien et le Maestrichtien.

Dans les forages de la partie Ouest du bassin, des faunes caractéristiques de Globotruncana et Bolivinoïdes permettent de séparer ce Sénonien supérieur d'un Sénonien inférieur également distingué par des faunes habituellement pauvres à Globotruncana, sans que la micropaléontologie permette de préciser davantage les attributions stratigraphiques.

Le Sénonien, et ce qui peut représenter le Danien, constituent un

[3] Barroisiceras Haberfellneri (v. Hauer), Peroniceras dravidioum Kassm, Gauthiericeras Margae (Schlüt), G. Roquei (Peron).

ensemble assez homogène caractérisé par la prédominance de silts plus ou moins argileux dans la constitution lithologique de la série.

Ce trait la distingue très nettement du Tertiaire où les silts sont très peu développés par rapport aux dépôts argilo-marneux.

Aucune estimation précise ne peut actuellement être faite de la puissance de la série sénonienne au Gabon.

A Port-Gentil, elle est de l'ordre de 4 à 500 m., mais elle s'épaissit rapidement vers l'Est puisqu'au voisinage de la rivière Gangoué, sur la marge Nord-Est du delta, un forage l'a traversée sans sortir du Sénonien, sur plus de 1.650 m., dont près du quart sont constitués de bancs massifs de silts quartzeux absolument purs.

Au Fernan-Vaz, l'épaisseur de la série Sénonienne à l'affleurement est estimée à 1.000 m., mais les faciès en sont beaucoup plus diversifiés puisqu'à côté des formations silteuses il existe, dans le Sénonien supérieur, un beau développement de calcaires de sables et de graviers et, dans le Sénonien inférieur, quelques sables et surtout des calcaires vacuolaires plus ou moins dolomitiques, des argilites, des cherts en bancs continus et épais, et divers horizons phosphatés.

Au Nord de l'Ogooué, on ne connaît jusqu'ici que le Sénonien inférieur, riche en calcaires vacuolaires à Lamellibranches et Gastéropodes.

Plus à l'Est encore, dans des synclinaux pincés au voisinage du socle, tant dans la région d'Azingo que dans celle de Bongo, il existe des lambeaux peu épais de Sénonien daté, intercalé dans une puissante formation de grès kaoliniques blancs ou bariolés, d'origine évidemment continentale et dont l'âge est certainement Crétacé supérieur.

Le Sénonien ne présente d'intérêt pétrolier qu'en aval pendage de ses affleurements, sous couverture suffisante. Quelques indices y sont connus, mais la découverte d'une petite production d'huile dans des niveaux sableux peu épais du Sénonien supérieur, à Port-Gentil, fait considérer le Sénonien comme assez prometteur.

Turonien et Cénomanien.

Ces étages constituent une bande d'affleurements très larges et continus du Nord au Sud du bassin côtier Gabonais.

Le Turonien a été déterminé avec précision à Libreville où il a fourni:

Choffaticeras Pavillieri Perv.
— gabonensis Lomb.

La détermination paléontologique du Cénomanien ne repose jusqu'ici que sur une faune assez médiocre de Lamellibranches, dont:

Exogyra haliotideau

Mais l'attribution d'une partie de la série à cet étage résulte surtout de sa position entre un Albien supérieur et un Turonien inférieur datés, encore que la limite Albien-Cénomanien n'ait au Gabon aucune précision puisqu'elle se situe dans des faciès laguno-fluviatiles.

Le forage profond de Port-Gentil n'a pas fourni de preuve paléontologique de l'existence de ces étages tout à fait à l'Ouest du bassin, mais rien ne s'oppose à ce que l'intervalle de 600 m. compris entre Sénonien inférieur et Albien supérieur leur soit attribué.

Il s'agit d'une série entièrement argileuse avec quelques intercalations de calcaires dolomitiques à silex.

Ces faciès s'opposent à ceux de la zone d'affleurement de ces étages 80 ou 100 Km. plus à l'Est, où le Turonien est essentiellement constitué par plusieurs centaines de mètres de calcaires et de dolomies très vacuolaires avec quelques intercalations marneuses et sableuses plus ou moins développées, surtout à la base de l'étage qui, du Nord au Sud du bassin, présente de nombreuses variations de faciès.

Le Cénomanien est représenté dans ces mêmes zones par une puissante série de sables où les couches rouges prennent un développement de plus en plus grand à mesure que l'on se rapproche du bord Oriental du bassin, au détriment des horizons carbonatés connus plus à l'Ouest, en intercalations importantes dans l'ensemble sableux.

Le grand intérêt pétrolier de cet ensemble est qu'il renferme les meilleurs réservoirs potentiels de la série, calcaires pour le Turonien, et sableux pour le Cénomanien.

Les forages effectués au voisinage de la limite d'affleurement du Sénonien ont montré plusieurs centaines de mètres d'épaisseur de ces niveaux poreux sur les mille mètres que totalisent Cénomanien et Turonien dans cette zone.

Albo-Aptien.

La détermination paléontologique de l'Albien repose sur la présence en divers endroits du bassin Gabonais de:

Douvilleiceras mamillatum (Schlot)
— monile (Sow.)

L'étage Aptien a été reconnu à la suite de la découverte, dans la région de Libreville, de marnes ayant fourni:

Deshayesites consobrinoïdes

Enfin, tout à fait à l'Ouest du bassin, le forage de Port-Gentil a fourni un fragment caractéristique d'Elobiceras prouvant ainsi la présence de l'Albien supérieur en profondeur dans cette zone.

Dans sa zone d'affleurement, l'Albien est essentiellement constitué par des calcaires francs, parfois oolithiques ou pisolithiques, associés, des argiles, des silts et des sables. La proportion de sables et de silts s'accroît vers le haut de la série au détriment des calcaires remplacés par des dolomies auxquelles s'associent des couches d'anhydrite et des couches rouges formant transition avec le Cénomanien.

Les relations de l'Albien et de l'Aptien dans la région, où ce dernier est fossilifère, sont assez peu nettes.

Mais il existe, au voisinage du lac Azingo, au-dessous de l'Albien typique, une alternance de calcaires à pâte fine et de marnes noires qui prend un grand développement en direction de l'Ouest.

On attribue cette série à l'Aptien. Elle est remarquable par son faciés euxinique qui la désigne comme une des roches-mères de pétrole les plus importantes de la série Crétacé. De fait, en sondage, on a presque toujours observé des gouttelettes d'huile sur la cassure fraîche des marnes schisteuses de cette série.

Elle a été retrouvée par le forage profond de Port-Gentil avec les mêmes caractères lithologiques, au-dessous d'un Albien daté, comme il a été dit plus haut, et constitué essentiellement par des marnes avec des inclusions carbonatées et de siltstones argileux.

A la base des marnes noires aptiennes se développe une épaisse série évaporitique presqu'entièrement constituée par du sel, avec des intercalations marneuses et des sels potassiques.. L'anhydrite n'y joue qu'un rôle secondaire. Cette série semble occuper la plus grande partie de la surface du bassin Gabonais, soit près de 40.000 Km.^{2}, et son épaisseur y varie de 100 à 350 m. Elle joue un rôle très important dans la tectonique du bassin.

Cocobeach.

On désigne sous le nom de Cocobeach l'ensemble des séries non marines du Crétacé inférieur affleurant largement dans le bassin Oriental.

La base de la série et sa partie moyenne ont été datées comme Wealdiennes par des faunes d'Ostracodes.

Le Cocobeach supérieur, qui est limité vers le haut par la transgression marine et le sel aptiens, est donc d'âge Aptien inférieur-Barrémien.

Le Cocobeach supérieur constitue un liseré tout le long du contact sédimentaire cristallin dans le bassin Atlantique, comme du reste dans le bassin de Pointe Noire, au Cabinda et au Bas-Congo Belge.

Il est constitué par un complexe de grès arkosiques et de conglomérats avec quelques passées argileuses pouvant dépasser 1.000 m. de puissance, et qui se termine par une série de marnes varvées et de pyroschistes faisant transition avec la série salifère.

Les conglomérats sont généralement très anguleux, et leurs éléments parfois énormes sont empruntés aux roches du socle proche.

Cette très puissante accumulation de sédiments peu évolués est évidemment liée à une phase de diatrophisme intense qui, du Cameroun à l'Angola, a affecté la marge occidentale du bouclier africain à l'Aptien inférieur-Barrémien et précède la transgression marine. On ne peut pas ne pas rapprocher cette phase de diastrophisme des mouvements anté-aptiens du bouclier guyanais en bordure du géosynclinal andin, de ceux qui ont alimenté la sédimentation détritique du géosynclinal atlasique sur le rebord nord du Sahara.

Cette phase de diastrophisme éocrétacée est, du reste, bien connue en Europe Occidentale (Wiltshire, Angleterre), mais son extension à d'aussi vastes régions semble n'avoir pas encore été signalée.

STRUCTURE

La structure générale du bassin côtier gabonais est très simple: c'est un vaste monoclinal large d'un peu plus de 200 kilomètres, plongeant régulièrement vers l'Ouest, mais séparé en deux, dans sa partie la plus large, par un horst cristallin de près de 100 kilomètres de long, dirigé de Lambaréné vers Libreville.

Ce horst, qui date de la phase diastrophique éocrétacée et a certainement rejoué à une date récente, sépare le bassin Oriental du bassin Atlantique où la série sédimentaire, contrairement à celle du bassin Oriental, est principalement marine.

Marge orientale du bassin Atlantique.

En bordure du cristallin, le bassin Atlantique présente habituellement une zone large de dix à trente kilomètres où se rencontrent des anticlinaux et synclinaux très bien marqués, accompagnés de nombreuses cassures longitudinales qui, souvent, les bordent.

Dans la région du lac Azingo les directions de ces accidents coïncident avec celle du horst cristallin. Mais le forage de ces structures, pour la recherche de pétrole et de potasse, a montré que le noyau de ces plis était constitué par du sel pouvant atteindre, par endroits, 500 mètres de puissance dans la zone axiale, pour une épaisseur normale de 250 mètres environ en dehors des zones anticlinales.

Cependant, l'effet d'une tectonique verticale de socle est sensible, comme on le voit, dans la région de Bongo dans le Sud du bassin, où les directions de ces plis sont alignées sur celle du contact sédimentaire cristallin au voisinage de celui-ci pour reprendre plus à l'Ouest des directions fortement obliques qui sont celles des Congolides.

Toutefois, la forme même des plis de cette zone suppose un noyau de sel tout comme dans la région d'Azingo, ce qu'a du reste vérifié un forage effectué à Madiéla.

Zone centrale du bassin Atlantique.

La zone centrale du bassin Atlantique correspond aux affleurements du Cénomanien et du Turonien. Quelques ondulations très douces et peu accentuées font la transition avec les plis de la zone marginale du bassin, mais plus à l'Ouest la structure apparaît rigoureusement monoclinale avec un pendage régional de 2 à 5 degrés. Seules quelques failles y sont connues.

Zone côtière.

Jusqu'à une date récente on imaginait que cette structure monoclinale s'étendait jusqu'à la mer, sous le placage des Cirques et du Quaternaire. Mais les travaux de prospection géophysique ont montré que dans cette zone le monoclinal était littéralement criblé de dômes de sel et affecté de quelques grandes cassures.

Les travaux de gravimétrie ont été les premiers à montrer, comme on le voit sur la carte d'anomalies de Bouguer ci-contre (Fig. 2),

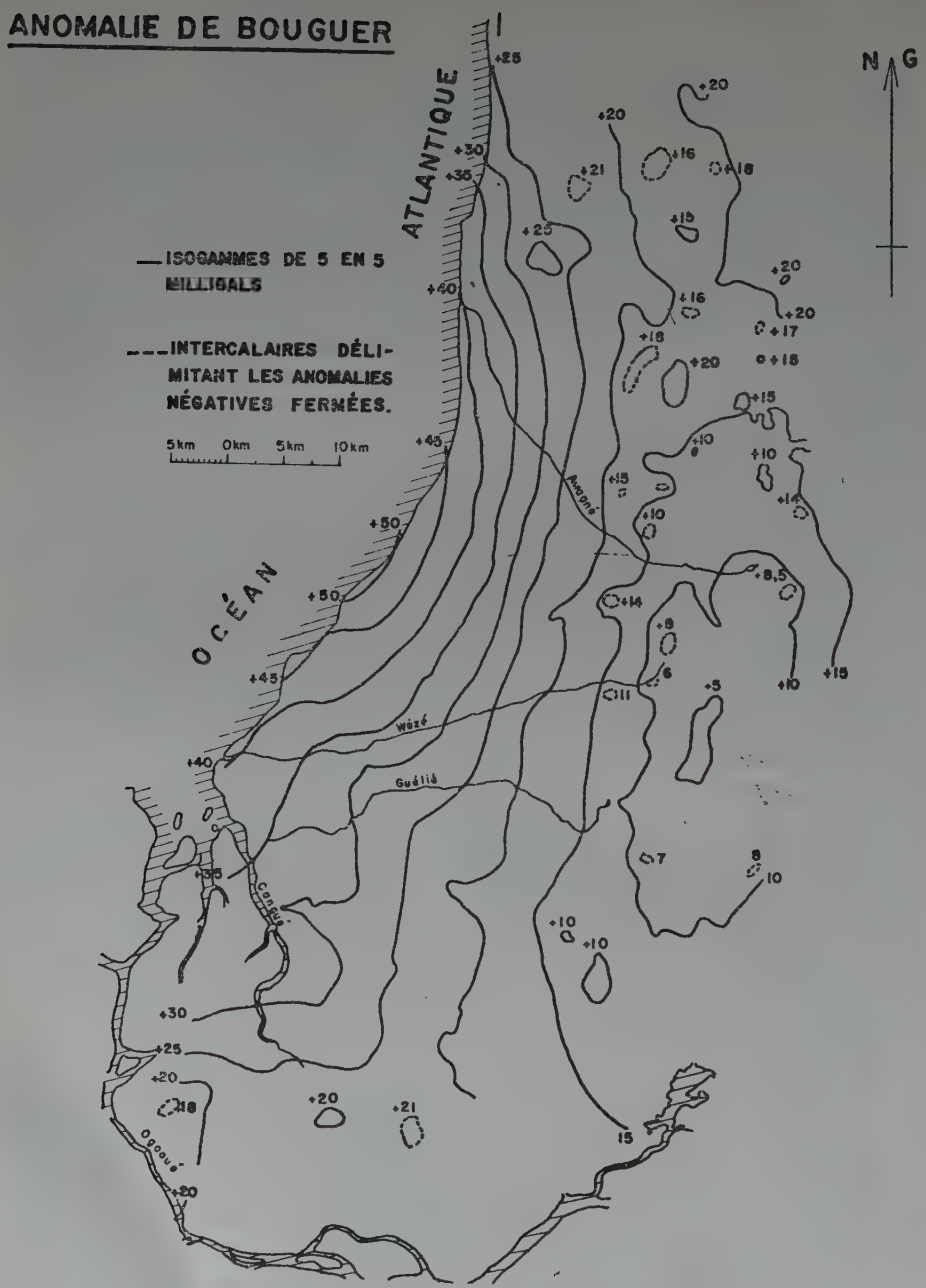


Fig. 2

V. HOURCQ GABON
D. REYRE

qu'il existait de nombreuses zones de 1 à 5 kilomètres de diamètre constituant des anomalies négatives fermées de quelques milligals.

Des forages de vérification ont montré qu'au centre de ces zones la série normale, constituée par 200 m. de sables de la série des Cirques couvrant en discordance les alternances de calcaires et de marnes silteuses du Crétacé supérieur, était remplacée par une épaisseur de sables de la série des Cirques atteignant 700 m., quelques dizaines de mètres de Crétacé broyé, puis du sel massif intensément déformé comme l'ont montré les carottes. Ce sel a été traversé sur plusieurs centaines de mètres. Sa surface supérieure se trouvait entre 7 et 800 m. de profondeur mais le seul horizon salifère connu dans la série se trouve dans la région, à près de 4.000 m. de profondeur. Cela démontre clairement que les anomalies négatives dont on vient de parler coïncident avec des dômes de sel.

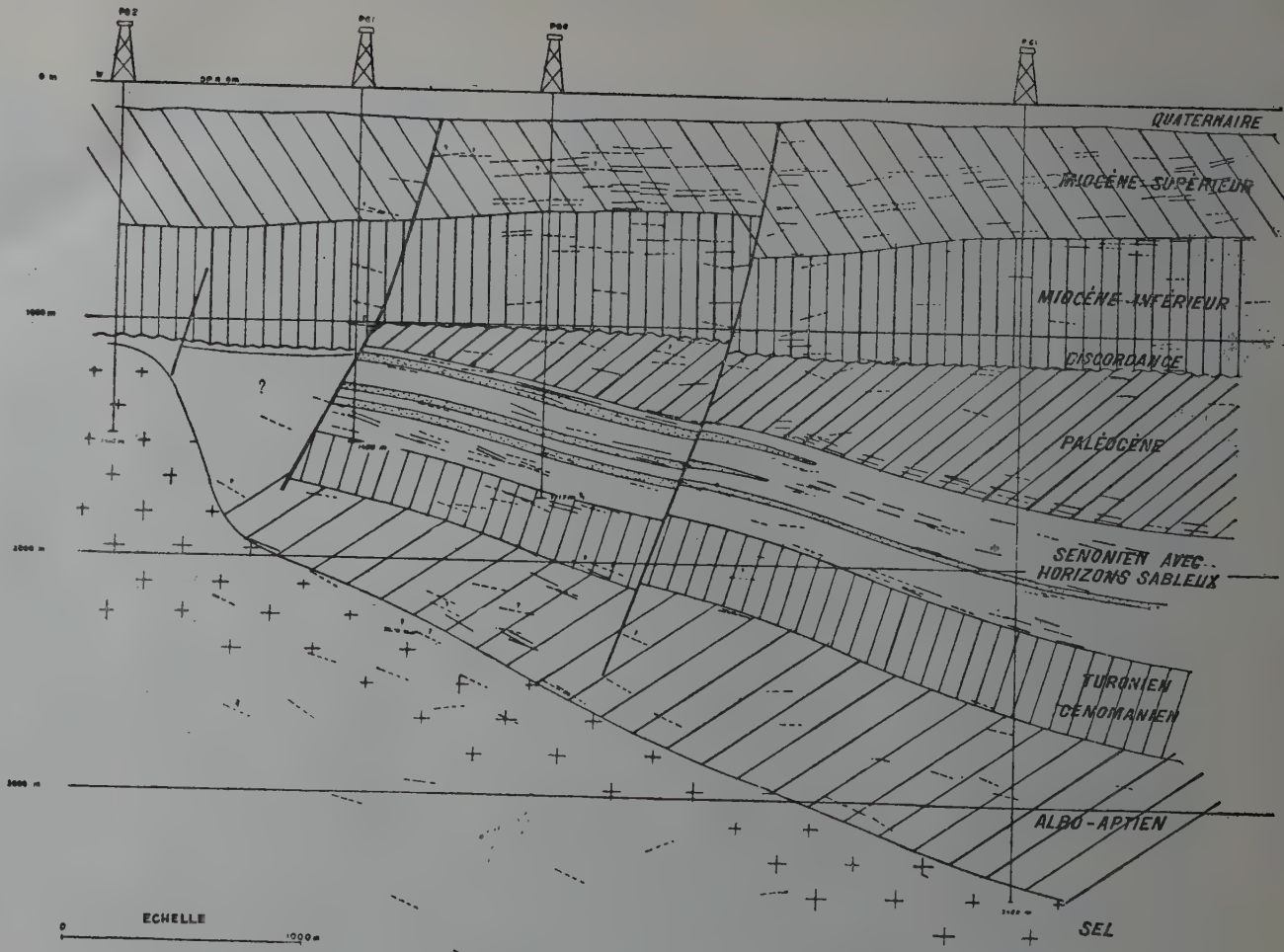
Aux abords du delta et de la côte ces anomalies négatives s'estompent. Ceci est dû principalement à la disparition de l'anomalie négative accentuée due au remplissage, par les sables légers, de la série des Cirques (D = 1,9) de cuvettes d'effondrement profondes qui paraissent dans cette région être la règle au-dessus des dômes de sel. Mais il faut aussi faire intervenir la diminution du contraste de densité entre le sel et les terrains encaissants qui ne sont plus calcaires comme dans la zone des Savanes, mais argilo-sableux.

Il est, en effet, connu un grand nombre de dômes de sel dans le delta même. Ils y ont été découverts par sismique réflexion et, pour quatre d'entre eux, le sel a été trouvé au contact de termes divers du Tertiaire ou du Crétacé, à des profondeurs variant de 900 à 1.600 m. alors que le forage profond de Port-Gentil a touché ce sel, qui est Aptien, dans sa position normale à plus de 3.300 m. de profondeur.

Dans l'ensemble du bassin Atlantique, il est connu maintenant plus de cinquante dômes de sel. Presque tous ceux sur lesquels ont été effectués des forages ont montré des indices d'hydrocarbures encourageants et, à Port-Gentil, une production est en cours de développement.

Le dôme de Port-Gentil.

Cinq forages, dont un à 3.400 m., ont été effectués sur ou à proximité immédiate de l'un de ces dômes situé à deux kilomètres environ à l'Ouest de Port-Gentil.



STRUCTURE DE LA ZONE DE PORT GENTIL

Fig. 3

Les deux coupes jointes résument l'ensemble des renseignements fournis par ces forages.

On remarquera que, contrairement à ce qui se passe pour les dômes de la Gulf-Coast, la profondeur d'enracinement du dôme de Port-Gentil est faible. Le dôme ne paraît pas avoir joué depuis la discordance du Miocène inférieur.

Mais la convergence, vers le dôme, de tous les horizons ante-Miocènes, implique que les mouvements de sel ont pris naissance très tôt, au moins dans l'Albien. En fait, les caractéristiques des sables sénoniens paraissent s'améliorer de PG 1 à PG 5, ce qui traduit un phénomène du même ordre (haut fond marin à l'aplomb du dôme).

Un horizon peu épais (4 m.) de ces sables sénoniens renferme, à PG 5, une huile assez lourde (D = 0,91), qui vient au jour par éruption de 1.275 m. de profondeur, au rythme journalier de 5 $m.^3$ depuis la fin de 1955.

Le développement de ce petit champ est en cours.

ACTIVITE D'EXPLORATION ENTRE 1945 ET 1955

Les diagrammes joints résument l'activité d'exploration dans l'ensemble des deux bassins du Gabon au cours des dix dernières années.

1°—*Géologie de terrain.*

La pointe observée en 1950 correspond à l'achèvement de la carte géologique du bassin oriental, commencée en 1948.

En 1954 l'étude de détail des structures situées à l'Est de Libreville fait apparaître une autre pointe.

L'exploration des séries côtières ne s'est traduit que par une diminution d'activité, et cela pour deux raisons: la grande extension des couvertures superficielles dans cette région, et l'absence d'affleurement dans les parties basses des thalwegs. On sait, en effet, qu'au Gabon, seules les parties hautes des thalwegs montrent des affleurements.

2°—*Géophysique.*

Les travaux d'exploration géophysique ont débuté au Gabon par l'étude en tellurique de la zone d'Azingo, tandis qu'on commençait

STATISTIQUES D'EXPLORATION PÉTROLIÈRE AU GABON

Période 1946-1955

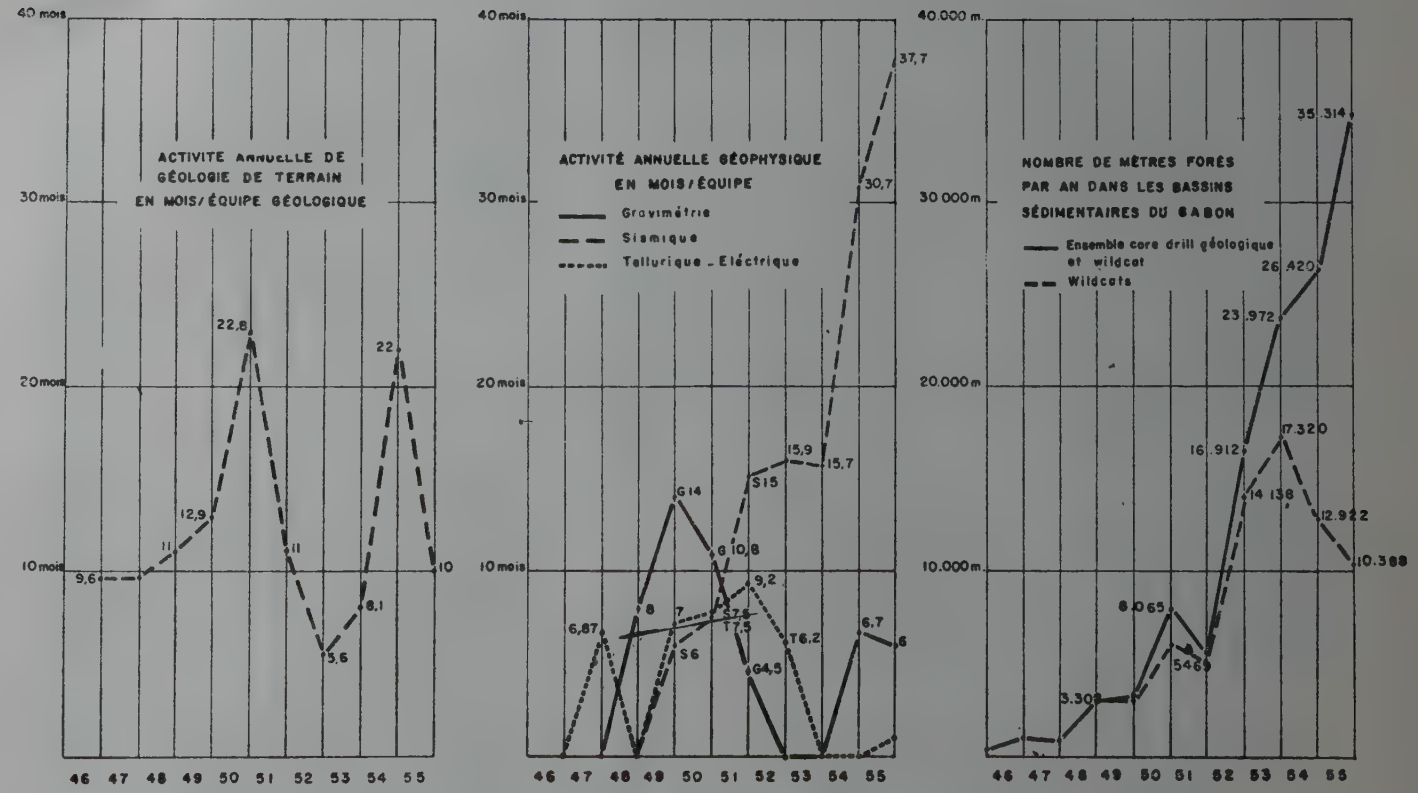


Fig. 4

K. MOUROU GABON
S. METAIS

la reconnaissance générale gravimétrique de l'ensemble des bassins Atlantique et Oriental.

Les études sismiques ont démarré en 1949, et jusqu'en 1952 ont été comme les travaux telluriques, principalement consacrées à l'étude de détail de la structure du bassin Oriental.

A partir de 1953 l'activité sismique a été tournée vers l'étude du bassin Atlantique, et un travail de reconnaissance intensif a été mené avec l'aide d'équipes fluviales, marines et terrestres, tandis que des travaux en gravimétrie de demi-détail, à la densité d'un point au kilomètre carré étaient exécutés dans la zone des Savanes entre l'Ogooué et l'Equateur.

3°—*Forage.*

Le parc d'appareils de la Société n'a comporté d'appareils modernes qu'à partir de 1947.

D'abord consacrés aux forages de la zone d'Azingo, ils abordaient le bassin oriental à la fin de 1949, et la découverte d'indices encourageant sur les bords de l'Ogooué dans ce dernier bassin connaît un accroissement du parc qui comportait en 1952:

— une sondeuse géologique Failing
— un appareil moyen Ideco H 40
— „ „ moyen Unit Rig H 15
— „ „ lourd Wilson Titan.

La sondeuse Failing a effectué un grand nombre d'études de structures au core drill, avec d'excellents résultats, cependant que l'activité du wildcat diminuait de 1953 à 1955 en raison de l'envoi au Cameroun des appareils Wilson et Unit Rig. En effet, les problèmes du bassin Atlantique n'en étaient alors qu'au stade de la reconnaissance, mais dès 1956 l'activité du wildcat reprendra dans ce bassin avec un jeu d'appareils composé de:

— un appareil moyen Ideco H 25
— „ „ moyen Ideco H 40
— „ „ lourd Emsco A 800.

BASSIN ORIENTAL

Comme on l'a dit plus haut, le bassin Oriental est un bassin limité par le horst cristallin de Lambaréné à l'Ouest, mais ouvert sur l'Atlantique au Nord-Ouest.

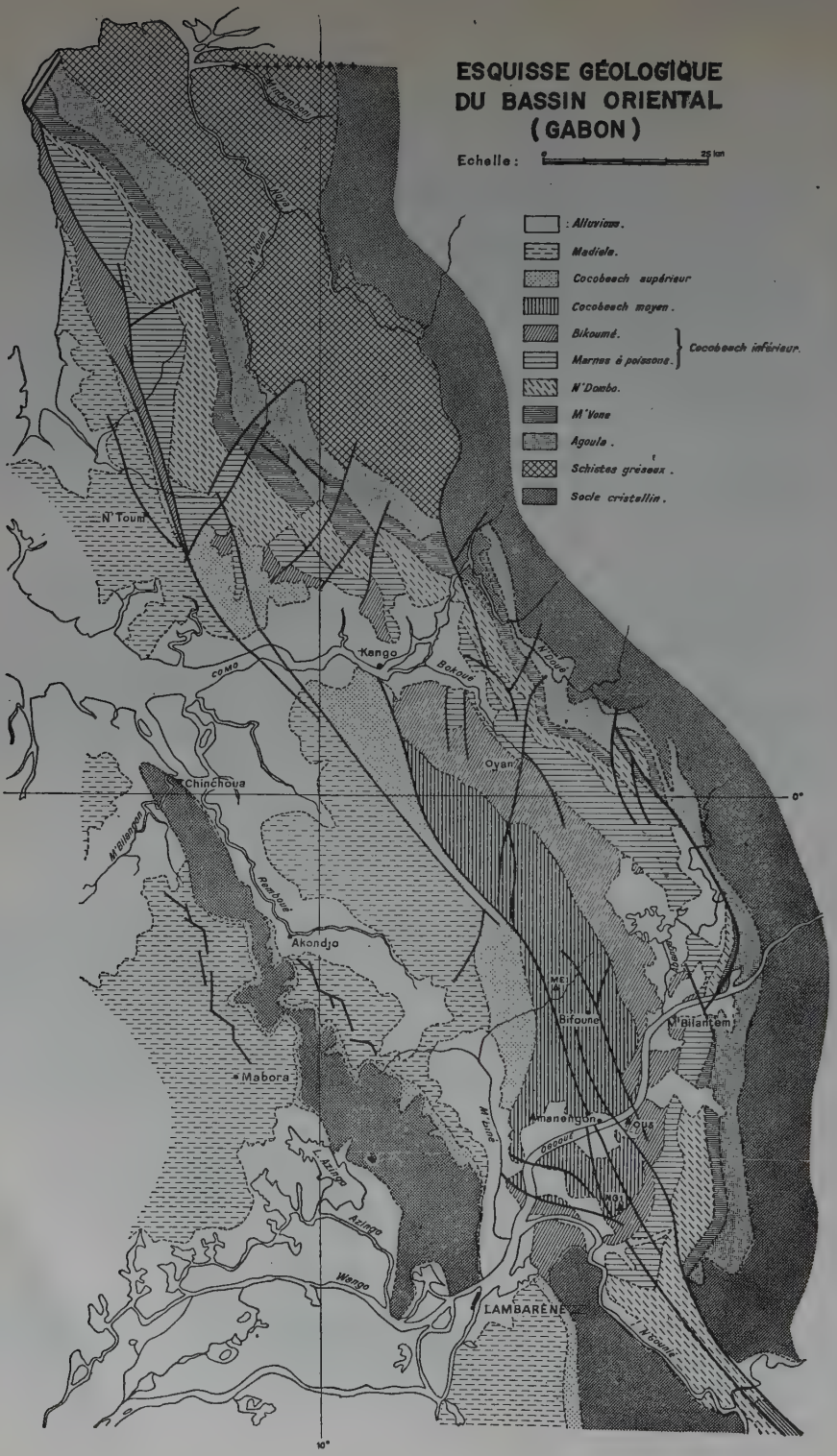


Fig. 5

V. HOURCQ GABON
D. REYRE

La série y comporte de l'Albo-Aptien renfermant encore des niveaux marins, puis une épaisse série éocrétacée limnique reposant en continuité sur des formations à dominante continentale d'âge probablement jurassique, elles-mêmes discordantes sur le socle cristallin, sur de l'Antécambrien peu métamorphique et, au nord, sur une série sédimentaire ancienne considérée comme l'équivalent du Kundelungu supérieur, c'est-à-dire de l'antécambrien récent, daté d'un peu plus de 630 millions d'années par les analyses isotopiques.

I. *Albo-Aptien, du bassin Oriental.*

L'Albo-Aptien du bassin Oriental, dans sa partie Ouest, est symétrique, par rapport au horst de Lambaréné, de celui d'Azingo. Il se rattache, en outre, au Nord-Ouest, à celui de la zone de Libreville, où l'Albien et l'Aptien supérieur sont datés par des Ammonites. Mais, en direction de l'Est et du Sud-Est, passé l'axe du bassin oriental, les faciès continentaux ou fluviatiles y prennent un grand développement, au détriment des intercalations marines. Toutefois, il reste toujours à la base un petit horizon calcaire ou dolomitique, souvent fossilifère, qui sépare cette série du Cocobeach.

La masse de l'Albo-Aptien est alors constituée d'une alternance de grès grossiers parfois conglomératiques et d'argiles sableuses bariolées dont l'épaisseur peut atteindre 700 mètres. Les accidents situés à la limite du horst de Lambaréné laissent supposer qu'au-dessous de l'Albo-Aptien marin s'est développé, dans cette zone, l'habituelle série salifère qui la sépare du Cocobeach. Cette série salifère est évidemment inconnue à l'affleurement sur la remontée Est du bassin.

II. *Séries de Cocobeach (Aptien moyen ? Base du Wealdien).*

L'âge de la formation du Cocobeach a été tout d'abord fondée sur les faunes de Poissons qu'elle contient (C. Arambourg et D. Schneegans 1935).

Dans les marnes à Poissons (Cocobeach I) la forme dominante est:

Lepidotus sp.

d'âge imprécis, mais qui semble proche d'espèces jurassiques.

Les poissons du Cocobeach supérieur (III) correspondent à deux formes:

COUPE TYPE DES SÉRIES DU BASSIN ORIENTAL (Gabon)

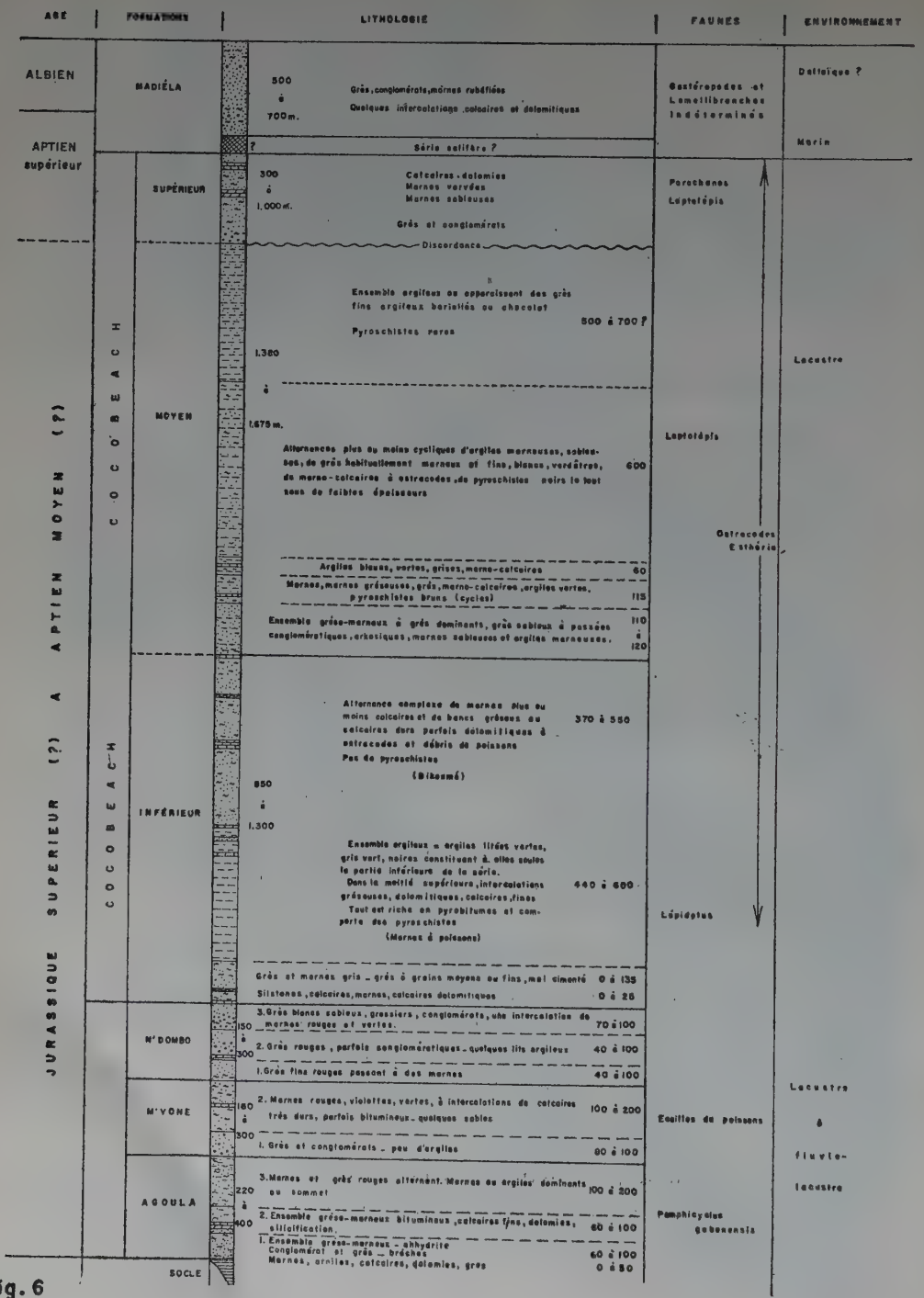


Fig. 6

V. HOURCQ & A. REYRE GABON

Parachanos Ethiopicus Weiler
Leptolepis congolensis Arambourg et Schneegans

pour lesquels l'âge proposé, grâce à des comparaisons avec les faunes brésiliennes de Bahia (Brésil) était Néocomien et peut-être plus récent.

Nous noterons que le Leptolepis est également connu du Cocobeach moyen (II) et rappellerons qu'à Campo, Parachanos est accompagné par Deshayesites consobrinoïdes de l'Aptien supérieur.

Aux environs de Bata (Ibando), dans des couches du même âge, Weiler a cité (1923):

Parachanos Ethiopicus Weiler
Diplomystus goodi Eastman (= D. elberti Weiler)
Enchodus sp.
Chirocentrites (?) guinensis Weiler

Des études récentes faites sur les Ostracodes des forages du bassin Oriental (Grekoff 1952-1953) ont montré que certaines espèces représentées au Gabon étaient connues en Europe, et en Amérique du Nord et du Sud, à des niveaux allant du Jurassique terminal au sommet de l'Aptien.

Dans le Cocobeach moyen on peut citer:

Darwinula leguminella Forbes
Metacypris cf. sylvana Martin
Cypridea pauls grovensis Anderson
— minuta Peck
Paracypris obovata Swain
Cypridea diminuta Vanderpool
Potoamocypris affinis Jones

Dans la partie supérieure (Bikoumé) du Cocobeach inférieur (I) on a rencontré de même:

Cypridea obesa Peck
— clavata Anderson
Metacypris persulcata Peck
— striata Martin

Enfin, les Estheria du Cocobeach I paraissent très voisines de certaines formes décrites au Congo Belge, dans des sédiments rapportés jusqu'ici au Karoo, mais que l'on a rajeunis récemment, pour les placer au Jurassique supérieur et même au Crétacé inférieur.

Il s'ensuit que si la partie moyenne du Cocobeach est indiscutablement Wealdienne, sa partie inférieure peut correspondre à la limite

Jurassique-Crétacé, et son sommet atteindre l'Aptien moyen, et même supérieur à Campo.

Les trois termes du Cocobeach totalisent de 2.400 à 3.300 mètres d'épaisseur.

—*Cocobeach supérieur* (III) 200 à 300 m.

La base de la formation est constituée par un ensemble important de grès à conglomérats lenticulaires auxquels succèdent des marnes micacées sableuses, et des marnes noires rubanées très caractéristiques, dans lesquelles on a recueilli des poissons bien conservés (Schistes de Cocobeach, sensu stricto).

Les conglomérats sont discordants sur les termes antérieurs du Cocobeach dans la partie Nord du bassin Oriental et sur le socle du horst de Lambaréné. Leur continuité avec des formations analogues occupant la même position bordant le socle sur toute l'étendue du bassin atlantique est certaine.

Ils marquent dans l'ensemble du bassin Oriental le début d'un cycle sédimentaire nouveau, qui paraît avoir un moindre développement que dans le bassin Atlantique.

—*Cocobeach moyen* (II) 1.380 à 1.675 m.

Commençant à la base par une masse gréseuse (Fourou-Plage) de 100 à 200 m. d'épaisseur, ce groupe est essentiellement formé d'une succession très monotone de marnes vertes ou grises, de calcaires en lits peu épais, de schistes généralement pyrobitumineux noirs ou bruns, en bancs de quelques mètres, dans laquelle les subdivisions établies n'ont qu'une valeur locale.

Son épaisseur semble décroître de façon notable vers le Nord.

Ostracodes, Estheria et débris de Poissons y sont fréquents, avec quelques Lamellibranches et Gastéropodes indéterminables.

—*Cocobeach inférieur* (I) 850 à 1.310 m.

C'est une épaisse série de marnes généralement bitumineuses (800 à 1.150 m.), où s'intercalent des siltstones, des calcaires à Ostracodes, des calcaires dolomitiques en lits fins, sur la fréquence desquels a été établie une subdivision. La fréquence des débris de poissons (Lepidotus sp.) dans la partie inférieure de ce groupe lui a fait donner le nom de "*Marnes à Poissons*", par opposition à un terme supérieur nommé "*Bikoumé*".

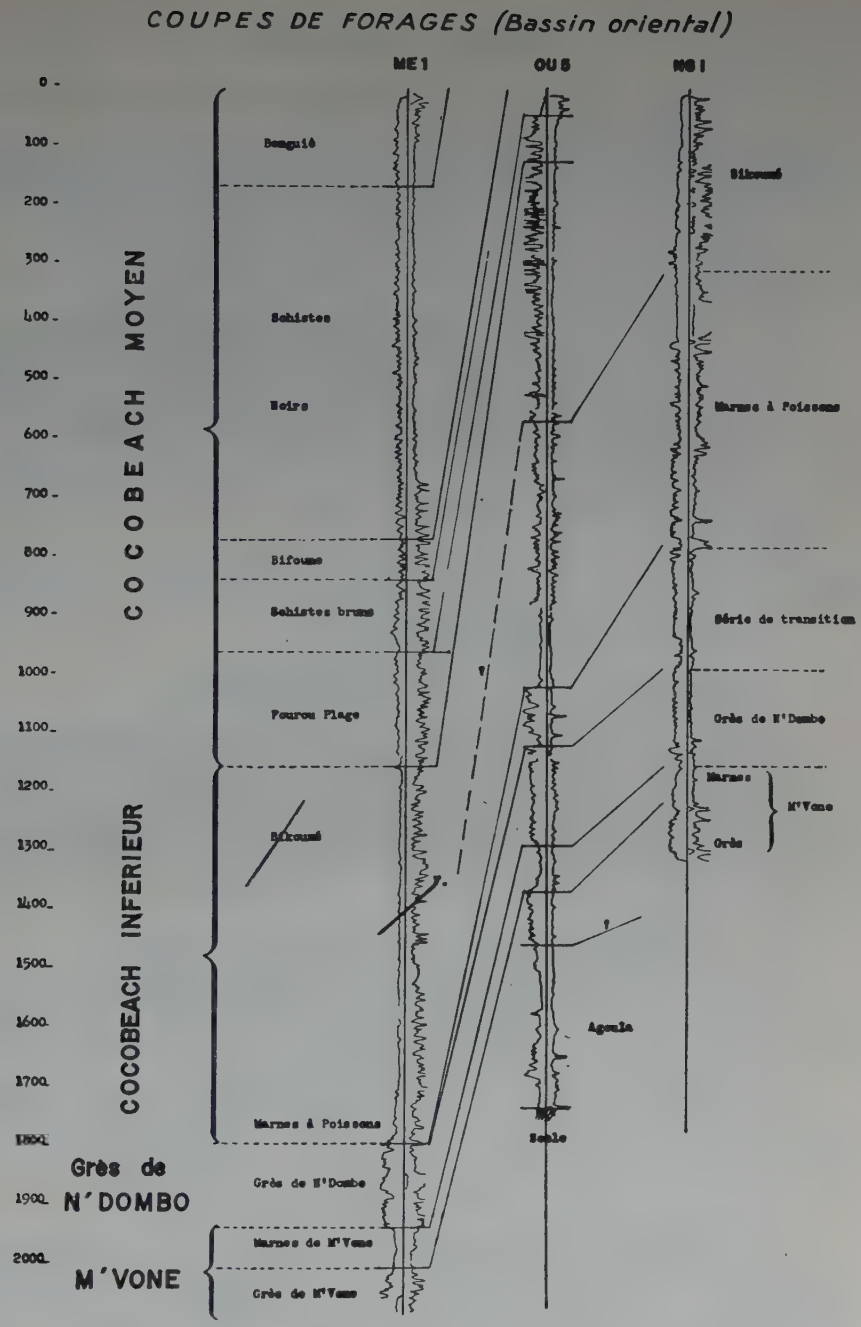


Fig.7

V. HOURCQ GABON

On y rencontre également en abondance des Ostracodes, des Estheria, des débris végétaux.

A la base de l'ensemble le passage aux grès de N'Dombo est progressif et se fait par disparition des niveaux argileux au profit de faciès gréseux fins gris. L'épaisseur de cette *zone de transition* qui atteint 160 m. décroît rapidement des bords du bassin vers son centre, où elle disparaît.

Les grès de la zone de transition ont constitué l'objectif principal des recherches pétrolières dans le Sud du bassin Oriental, mais comme le montre le schéma joint (Fig. 7) ils disparaissent vers le centre du bassin qui perd ainsi une bonne part de son intérêt pétrolier.

III. *Séries antécrétacées du bassin Oriental.*

Du haut en bas ces séries montrent trois termes:

1—Grès de N'Dombo
2—Marnes et grès de M'Vone
3—Série de l'Agoula

1) *Grès de N'Dombo* (150 à 300 m. d'épaisseur).

Cette série est constituée par un ensemble pratiquement azoïque, surtout gréseux, composé d'une alternance de sables parfois fins et de niveaux grossiers et conglomératiques, le tout feldspathique et de couleurs claires: rouge, jaune, violacé. On y note quelques argilites rouges et violettes et de fréquentes intercalations de croûtes ferrugineuses irrégulières.

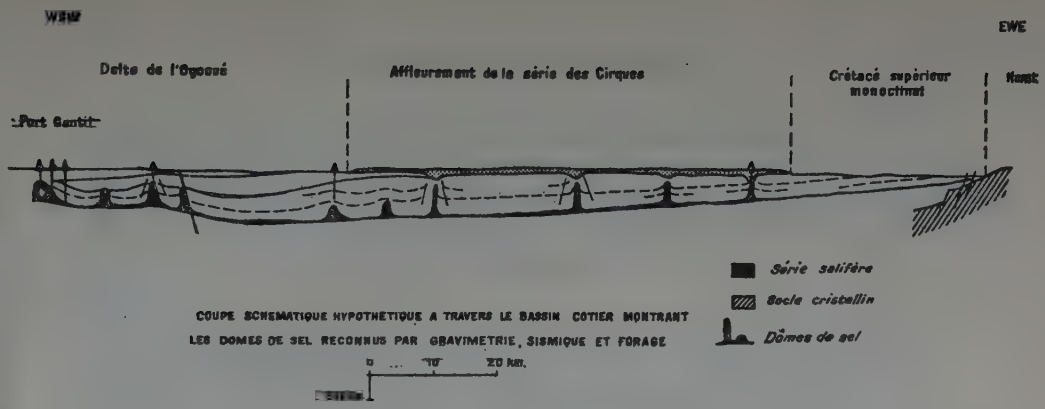
2) *Marnes et Grès de M'Vone* (180 à 400 m. d'épaisseur).

Au-dessous des grès de N'Dombo se situe un ensemble monotone de marnes compactes rouges, violettes ou vertes, parfois bitumineuses et contenant alors des écailles de Poissons.

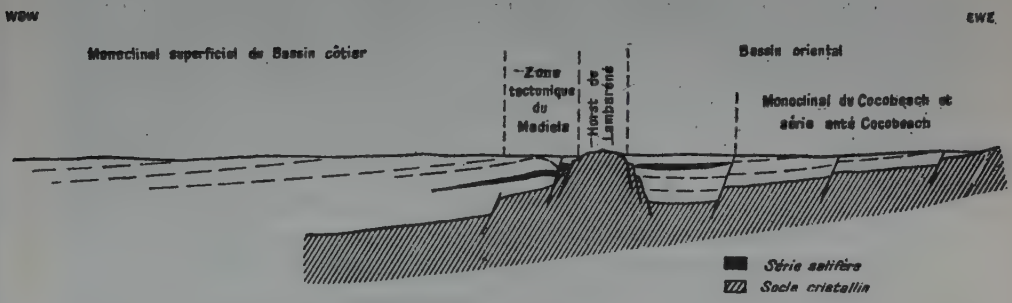
Ces marnes reposent sur un ensemble de grès friables, grossiers, épais de quelques dizaines de mètres, reposant, au sud du bassin, en légère discordance sur la série de l'Agoula.

3) *Série de l'Agoula* (285 à 400 m. d'épaisseur).

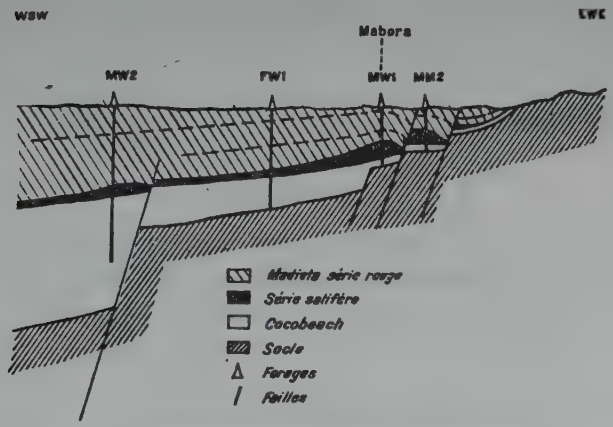
Essentiellement gréso-argileuse, elle débute par un conglomérat et des grès, et passe au sommet à des argiles rouges. On y observe quelques dolomies et, à certains niveaux, des silicifications. Elle comporte également des horizons bitumineux.



COUPE SCHEMATIQUE HYPOTHETIQUE A TRAVERS LE BASSIN COTIER MONTRANT LES DOMES DE SEL RECONNUS PAR GRAVIMETRIE, SISMIQUE ET FORAGE



COUPE GÉNÉRALE TRÉS SCHEMATIQUE DU BASSIN DU GABON



CROQUIS SCHEMATIQUE DE LA ZONE TECTONIQUE DU MADIELA
PROBLÈME "DE LA FALAISE"

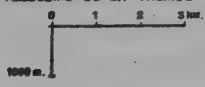


Fig. 8

Y. HOURCQ GABON
D. REYRE

On y a recueilli des Estheria: Pemphicyclus gabonensis Marlière, ce qui a conduit cet auteur à attribuer la série au Stephanien. Il s'agirait donc de Karoo inférieur, ce qui semble tout à fait improbable.

STRUCTURE

Le bassin Oriental est un synclinal faillé dans son axe, à flancs dissymétriques, terminé au Sud par un périsynclinal bien dessiné.

Son flanc Est correspond, sur 25 à 30 Km. de large, au monoclinal des séries anciennes continentales, limité à l'Ouest par une faille régionale. Ce monoclinal est extrêmement fracturé suivant deux directions grossièrement rectangulaires. Les failles longitudinales (SSE-NNW) sont groupées en un faisceau auquel se rattache la faille axiale. Leur rejet semble croître du Sud vers le Nord. Leur pendage Ouest est faible (45 à 50° dans certains cas). Les failles transversales (ENE-WSW) sont réparties plus régulièrement dans l'ensemble du flanc. Elles sont probablement postérieures aux précédentes et liées aux réajustements rendus nécessaires par le jeu des premières.

L'axe du synclinal est occupé par la série de Madiéla, où les pendages sont faibles. Cette série paraît légèrement et irrégulièrement ondulée et faillée (sel ?). Toutefois les failles y sont peu importantes.

Sur le flanc Est, seul le Cocobeach supérieur est représenté par une étroite frange le long et dans les creux des contours compliqués du socle. On notera toutefois que le Madiéla présente sur ce flanc, dans une zone voisine du contact, des plis très irréguliers, de petites dimensions, et des failles de directions très variables.

CONCLUSION

Comme on a pu en juger par l'exposé qui précède, le bassin du Gabon présente de nombreux problèmes pétroliers que la présence d'indices et d'un commencement de production rend maintenant plus attirants que jamais.

I. *Marge orientale du bassin Atlantique.*

Au début des recherches, le premier problème abordé a été celui des anticlinaux à suintements d'huile situés en bordure du socle dans le bassin Atlantique. Ce problème, abordé avec des moyens modernes

dans la région d'Azingo, s'est révélé d'une décourageante complexité; il est, en effet, impossible de prédire quelles sont les formes structurales au-dessous du sel dont les mouvements sont à l'origine des anticlinaux de cette région. Or, ce n'est qu'au-dessous de ce sel que les réservoirs de la série sont assez bien protégés pour pouvoir offrir des gisements.

II. *Le bassin Oriental.*

Pour cette raison, on a abordé, en 1949-1950, le problème pétrolier des séries limniques du bassin Oriental, valorisé par la présence de nombreux suintements d'huile, dont celui bien connu de N'Kogho. Le manque de bonnes fermetures structurales et la disparition des magasins de la série de transition vers le centre du bassin ont rapidement dissipé les espérances qu'avait fait naître une brève et petite production d'huile à ce niveau au bord de l'Ogooué en 1951 (OU 5). Sans vouloir nier les possibilités encore incomplètement reconnues de ce bassin, on pouvait penser raisonnablement qu'il ne fournirait pas une quantité d'huile suffisante pour payer rapidement l'effort de recherches.

III. *Les séries supérieures du bassin Atlantique.*

On s'est alors attaqué au problème pétrolier principal du Gabon posé par les séries supérieures du bassin Atlantique dont l'intérêt était attesté depuis longtemps par l'existence de nombreux indices côtiers.

La présence de vastes placages Tertiaire et Quaternaire masquant les affleurements ne rendait l'exploitation de cette région possible qu'au moyen de méthodes géophysiques bien au point, outil dont on n'a pas disposé au Gabon avant la fin de 1952.

Les trois dernières années ont été consacrées à la reconnaissance structurale et stratigraphique de cette région, et les résultats en ont été la découverte d'une nouvelle province de dômes de sel, dans ce bassin d'apparence monoclinale. Le fait que presque tous les forages qui y ont été effectués depuis 1953 aient rencontré des indices d'huile peut être considéré comme également encourageant et la découverte d'un petit champ à Port-Gentil, et peut-être d' un autre à Ozouri, donnent à penser que bientôt le bassin sédimentaire côtier du Gabon tiendra une place honorable dans la liste des bassins producteurs d'huile.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

KENYA

THE SEARCH FOR OIL AND NATURAL GAS IN KENYA

By William Pulfrey

ABSTRACT

An account is given of the search for oil in Kenya. Attention has been focussed by prospectors and oil companies on Jurassic and Cretaceous rocks in the north-eastern part of the country, and on the coastal region where rocks ranging from Karroo to Recent in age are exposed.

I. OIL

No natural oil has yet been discovered in the Colony and Protectorate of Kenya. On numerous occasions traces of oil have been reported, or small amounts of oil or bitumen have been recovered from drill-holes. In all cases investigated the reported traces proved to be spurious, and the oil or bitumen from wells could be proved to be due to contamination from machinery or casing, and rarely there has been some evidence that refined oil found in wells was due to salting.

The site of reported discoveries and areas over which prospecting licenses for oil have been or are held are indicated on fig. 1, which also outlines the Trias-Cretaceous basin of north-east Kenya and the area of the Karroo and later sediments at the coast.

The history of the search for oil in Kenya. An oil exploration licence was granted to the D'Arcy Exploration Co. Ltd., and the Anglo-Saxon Petroleum Co. Ltd., for a period of two years with effect from February 22nd., 1937. Two of the companies' geologists rapidly examined the ground licenced between April, 1937, and July, 1937, and the licence was terminated on September 30th, 1937. The areas involved consisted of one, of approximately 76,000 sq. miles extent, comprising the whole of Kenya east of the 39th. meridian and a small area west of that meridian near the Tanganyka border, and a second, approximately 39,000 square miles in extent, comprising generally

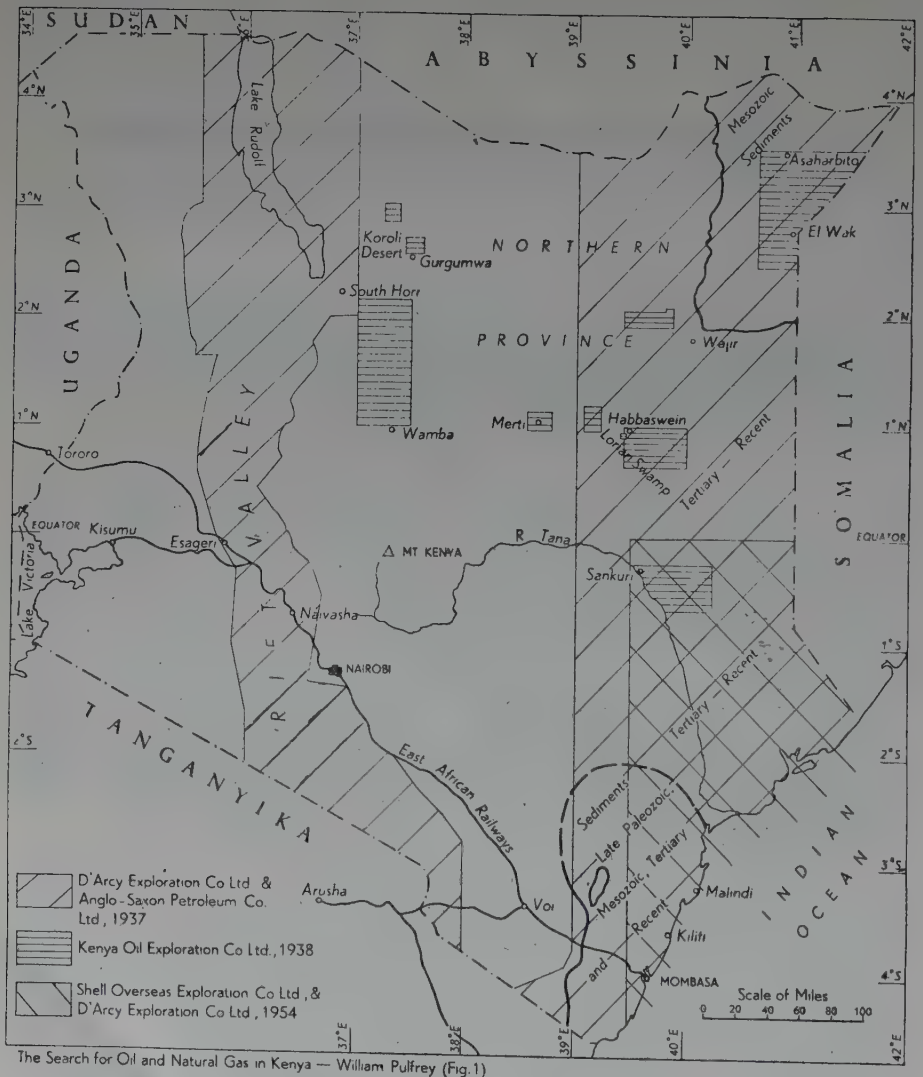


Fig. 1. Oil prospecting areas in Kenya.

the Rift Valley area of Kenya (see fig. 1). The geologists employed concluded that the areas were unfavourable for the occurrence of oil. Since then, however, a considerable amount of geological survey has been carried out in coastal Kenya and in the north-east corner of the Colony, and it has become evident that many of the geological premises on which they based their conclusions were ill-founded.

On February 17th, 1938, an oil exploration licence with a term of two years was granted to the Kenya Oil Exploration Co. Ltd. over areas aggregating 3,308 square miles in the Northern Province of Kenya. Seven areas were involved (see fig. 1) and comprised:

1) 2,400 sq. miles, between Wamba and South Horr
2) 180 sq. miles, centred on Merti
3) 150 sq. miles, east of Merti
4) 9 sq. miles, near Habbaswain
5) 312.5 sq. miles, north-west of Wajir
6) 144 sq. miles, near Gurgumwa, in the Koroli desert
7) 112.5 sq. miles, north-west of Gurgumwa.

The reason for the application for a licence over the first of these areas is not apparent, as it consists of Archaean rocks with a small proportion of Tertiary volcanic rocks. On September 1st., 1938, a supplemental licence was issued to the same company over two more areas in the Northern Province:

1) 3,065 sq. miles, in the El Wak-Asaharbito area
2) 1,000 sq. miles, around the Lorian Swamp.

Work on the licence areas began in June, 1938, and after 4½ months' work an interim report was submitted in which particular attention was directed to the Mesozoic basin of north-east Kenya. A further supplemental licence to operate in a tenth area, 1,200 square miles in extent, near Sankuri in the Tana valley was granted on October 18th, 1938.

As a result of geological examinations of the areas in the eastern part of Northern Province the geologist in charge recommended sites for drilling and the company proposed to apply for oil prospecting licences over certain restricted areas. Owing to the outbreak of war the plans had to be suspended. Renewal of the licences over the El Wak-Asaharbito area and the Lorian Swamp area for one year was granted on the 27th. of February, 1940, but owing to difficulties caus-

ed by the war no work was carried out. Eventually all the areas concerned were opened to general prospecting on May 10th., 1950.

An oil exploration licence was granted to the Shell Overseas Exploration Co. Ltd., and the D'Arcy Exploration Co. Ltd. on January 20th., 1954, over the whole of the part of Kenya south of the equator and east of longitude 39 ° 30′ and including the sea-bed off-shore. The period of the licence is four years and it is still operative. Since its granting geologists and geophysicists of the companies have made examinations of various parts of the area, and in the latter part of 1955 some shallow geological drilling was carried out in the northern part.

The geology of the potential oil-bearing areas of Kenya. The only part of Kenya that is now regarded as possibly petroliferous is a strip along the border with Somalia and along the coast (see fig. 1). A large central part of this strip is covered by Tertiary or later sediments and as yet nothing is known of the sub-surface geology.

a) *North-east Kenya.* More than 10,000 square miles of north-east Kenya are covered by rocks varying from Trias (?) to Cretaceous in age. The succession established by recent mapping by the Geological Survey is given in the table below:

		feet
Cretaceous	*Marehan Sandstones*	350-2,200
	Danissa beds — sandstones, siltstones, marlstones and thin limestones	300-400
	Unconformity	
Jurassic	*Mandera Series* — sandstones, shales, mudstones and dolomitic limestones	-2,000
	Daua Limestone Series — mainly limestones with shale intercalations, and occasional sandy horizons	4,000-10,000(?)
	Unconformity	
Trias (?)	*Mansa Guda Series* — mainly sandstones and conglomerate, but with some shaly intercalations	0-2,000
	Unconformity	
Archaean		

The Mandera Series of the Jurassic is Portlandian, and the Daua Limestone Series extends from the Toarcian stage of the Lias to Kimmeridgian. A fuller description of the sequence is given in an account of the Gondwana rocks of Kenya (Symposium on Gondwana series, XXth. Int. Geol. Congress, 1956).

The sediments form the western flank of a shallow basin that extends into Somalia. Dips in Kenya are normally almost flat towards the east generally, but at numerous places gentle swells and folds have been mapped. Where the Cretaceous overlies the Jurassic it is usually possible to detect some faulting.

b) *Coastal Kenya.* The succession in coastal Kenya extends from the Permian, possibly Carboniferous, to Recent, the Paleozoic and Mesozoic series having a combined thickness of between 16,400 and 25,400 feet. A description of the various series involved is given in the account of Gondwana rocks mentioned above, and only a summary of the sequence is presented here:

		feet
Cretaceous	*Freretown Limestone*	(?)
	? Unconformity	
Jurassic	Shales with lenticular limestones and with basal sandy beds and limestone	4,000-6,000
	Unconformity	
Trias	Upper part of the *Duruma Sandstone series*	12,400-19,400
Permian	Lower part of the *Duruma Sandstone series*	
Carboniferous (?)	Lowest part of the *Duruma Sandstone series*	
	Unconformity	
Archaean		

The Duruma Sandstones consist mainly of sandstones and grits, though shaly beds are also present. There are local unconformities at two horizons and a widespread unconformity separating the uppermost Triassic sandstones from the preceding series. The earliest Trias

is represented by a fish-scale bed, indicating a marine incursion, and other marine incursions are known in middle Triassic beds.

The Jurassic succession is entirely marine and extends from the Bajocian stage to the Kimmeridgian. The Cretaceous is also marine, but is represented only by a small in-faulted mass of limestone.

Tertiary rocks are only certainly represented by Pliocene sands in the southern part of the coastal belt, though it has been suggested recently that some Miocene beds are also present. Further north, in the area around Malindi there are noteworthy expanses of Miocene rocks.

The coastal sediments dip gently seawards in general, but gentle folding is evident. Faulting is prominent, particularly at and near the Trias/Jurassic junction.

II. NATURAL GAS

Little sign of the occurrence of natural gas has as yet been seen in Kenya. Gas collected from a spring near Kilifi at the coast contained a considerable proportion of methane, and emissions of gases containing large proportions of carbon di-oxide are known in the Rift Valley, e.g. near Naivasha and at Esageri. At Esageri a gas-blower was discovered accidentally in 1946 while a drill-hole was being sunk in the search for water. Originally the pressure of the gas emitted was 80 lbs. per square inch, and it has diminished little since. A factory was set up in 1949 to bottle and condense the gas, and the production has been as follows:

Year	*Tons* CO_2
1951	264
1952	383
1953	510
1954	582
1955	636

The gas is believed to have its origin in the dissociation of Precambrian limestones by heating by volcanic rocks.

REFERENCES

a) GEOLOGY OF COASTAL KENYA

CASWELL, P. V., 1953. *Geology of the Mombasa-Kwale area.* Report No. 24, Geol. Surv. Kenya.

MILLER, J. M., 1952. *Geology of the Mariakani-Mackinnon Road area.* Report No. 20, Geol. Surv. Kenya.

REPORTS on the geology of various other parts of the coastal belt are in preparation or at the press (references given in (c).

b) GEOLOGY OF NORTH-EAST KENYA

REPORTS on five areas covering most of the north-east Kenya sedimentary basin are in preparation or at the press (references given in (c).

c) GENERAL

PULFREY, W. *Review of recent work on the Gondwana rocks of Kenya Colony.* Symposium on Gondwana Series, "International Geological Congress", 1956.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

MADAGASCAR

LES RECHERCHES DE PETROLE A MADAGASCAR

Par V. Hourcq

RESUME

Après avoir rappelé la structure de Madagascar composée de hauts plateaux cristallins et, sur la côte orientale, de deux bassins sédimentaires (celui de Majunga et celui de Morondava qui sera le seul décrit), l'auteur étudie la stratigraphie qui comprend:

—Les séries du Karoo (Carbonifère supérieur à Lias supérieur) à dominante continentale, parmi lesquelles on distingue: la Sakoa, la Sakamena et l'Isalo.

—Les séries post Karoo à dominante marine (Lias supérieur à Tertiaire) bien datées par de nombreux fossiles.

L'auteur décrit les nombreuses manifestations éruptives, puis étudie la structure du bassin qui est grossièrement monoclinal et faillé avec quelques ondulations dues la plupart du temps aux intrusions.

En ce qui concerne le pétrole l'auteur décrit les indices observés et remarque qu'ils sont tous liés aux séries de faciès Karoo. Il examine les différents types de pièges possibles (burried Hills, failles et déformations dues aux intrusions), puis fait l'historique des recherches qui montre en particulier tout l'intérêt à Madagascar de la méthode tellurique pour l'étude de la forme du socle.

Des forages ont montré l'existence dans la Sakamena de couvertures, de magasins et d'hydrocarbures.

MADAGASCAR

La structure générale de Madagascar est bien connue. On y distingue deux parties principales:

—les hauts plateaux, d'altitude moyenne de 1.500 m., formés de terrains cristallins et cristallophylliens anciens.

—deux marges sédimentaires d'importance très inégale, l'une formant une bande étroite et discontinue, sur la côte orientale, au pied des falaises tectoniques qui la bordent, constituée d'un Crétacé supérieur peu épais, la seconde, largement développée à l'Ouest de l'Ile.

Dans le second groupe, on peut séparer deux bassins séparés par les ilôts cristallins du Cap Saint André:


ESQUISSE GÉOLOGIQUE DE MADAGASCAR
Echelle : 0 100 200 300 Km
Archipel des Comores
DIEGO-SUAREZ
Nosy Bé
Analalava
15°
MAJUNGA
Cap St André
MOZAMBIQUE
Maevatanana
Maintirano
Morafenobe
TAMATAVE
Ankavandra
TANANARIVE
Miandrivazo
20°
MORONDAVA
Malaimbandy
CANAL DE
Morombe
Berороha
Ranohira
TULÉAR
Benenitra
25°
FORT DAUPHIN
Cap Ste Marie
Tertiaire et quaternaire.
Crétacé.
Jurassique.
Karoo.
Socle cristallin.
Coulées basaltiques
45°
50°
YOURCQ MADAGASCAR

Figure 1.

—le bassin de Majunga, au Nord, qui va du Cap St. André à Diégo-Suarez (50.000 Km.²).
—le bassin de Morondava, au Sud, beaucoup plus vaste (125.000 Km.²) qui a été jusqu'ici le théatre des activités de recherches pétrolières, et qui sera seul étudié ici.

Il convient de rappeler tout d'abord que l'on a recueilli, dans une série peu métamorphique des plateaux (schistes et quartzites), quelques fossiles (Posidonielles) et débris de plantes (écailles de Lepidodendrées) qui permettent de leur attribuer un âge Dévanien supérieur ou Carbonifère inférieur. Or, le terme le plus ancien connu de la série sédimentaire occidentale (Sakoa) est daté du Carbonifère supérieur. Il y a donc eu, au Carbonifère, d'importants mouvements accompagnés de fractures, à l'Ouest.

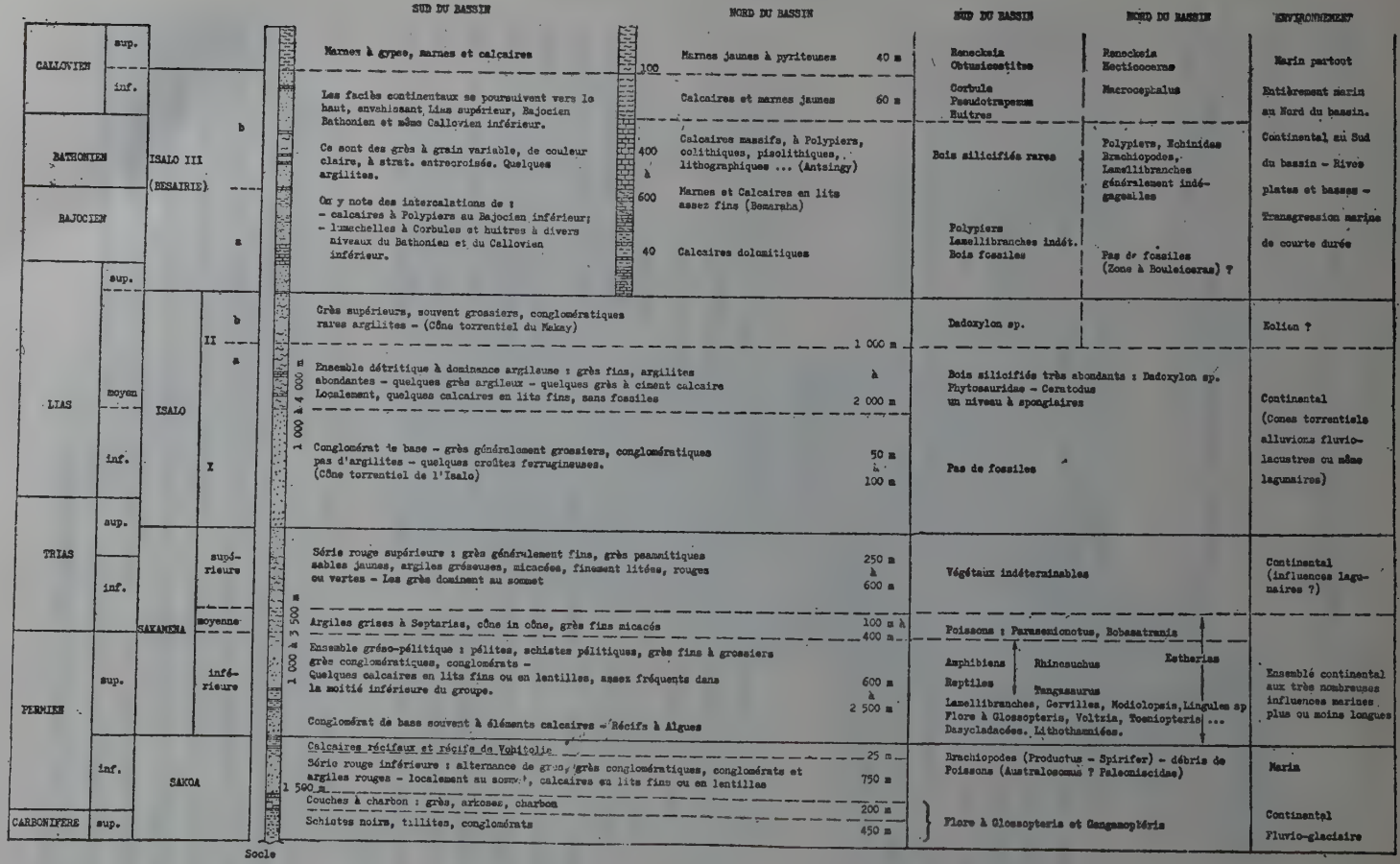
I. STRATIGRAPHIE

La série sédimentaire a une épaisseur considérable (7 à 8000 m.). Elle s'est déposée dans un bassin de subsidence dont le relief était, à l'origine, irrégulier et accusé dans certaines régions.

Les faciès continentaux, surtout grès, conglomérats et argilites, y dominent dans la partie inférieure, sur une épaisseur pouvant atteindre 5.000 m. Au-dessus, à partir d'un âge variable, les sédiments deviennent marins (calcaires, marnes, grès) mais restent généralement littoraux. On peut d'ailleurs y noter des récurrences continentales de durée variable. Tous ces caractères évoquent une marge continentale à faible pente où les variations peu importantes du niveau des eaux marines provoquaient des modifications considérables du tracé des côtes.

La série comporte des discordances reconnues, à sa partie inférieure, et probablement d'autres moins générales, non mesurables et passées, par suite, inaperçues. Les lacunes de sédimentation y sont en effet fréquentes, à partir du Jurassique supérieur, lacunes dont l'importance et la localisation géographique sont très variables, qui témoignent de déplacements de rivages, liés à des gauchissements du substratum, ou à des variations du niveau marin. La position stratigraphique et géographique variable des intercalations continentales en est une preuve supplémentaire.

COUPE TYPE DES SERIES INFERIEURES
BASSIN DE MORONDAVA



V. HOURCQ MADAGASCAR

Figure 2.

A—LE KAROO.

H. BESAIRIE a désigné sous le nom de Karoo malgache, par analogie avec les formations de même âge d'Afrique du Sud, l'ensemble des dépôts continentaux qui ont pris naissance à Madagascar du Carbonifère supérieur au Jurassique moyen. Toutefois, ces séries seraient plus proches du Gondwana indien débutant à la même époque, mais où les faciès continentaux peuvent monter, comme à Magadascar et au Kenya, jusqu'au Lias supérieur, au Bajocien-Bathonien, et même localement au Callovien inférieur. Notons cependant que les faciès de cette série, en Afrique du Sud, Tanganyika et Madagascar présentent des ressemblances surprenantes.

On y distingue, à Madagascar, 3 groupes, dont les inférieurs sont séparés par une discordance angulaire parfois importante.

Ce sont, de haut en bas:

1°—*Groupe de la Sakoa:* Carbonifère supérieur et Permien inférieur.

La succession type en a été décrite dans sa zone principale d'affleurement, au Sud du bassin. Ailleurs on n'en connaît que le sommet, localement, près de Malaimbandy et au Nord d'Ankavandra.

On y sépare:

a)—tillite, schistes noirs et conglomérats sans fossiles	0 à 450 m.
b)—couches à charbon: grès et couches lenticulaires de charbon (Gangamopteris, Glossopteris)	200 m.
c)—série rouge: alternance de grès conglomératiques, conglomérats et argiles rouges	750 m.
d)—calcaires marins (récifs) de Vohitolia, à Productus et Spirifer	10 à 15 m.

Le membre basal est évidemment l'équivalent de la Dwyka Sud-africaine. Il repose sur un socle érodé, où les stries glaciaires sont parfois conservées; les couches à charbon, avec leur flore à Glossopteris, et la série rouge, correspondent à l'Ecca. Quant aux récifs de Vohitolia, dont la position n'est pas parfaitement élucidée (sommet de la Sakoa? base de la Sakamena?), ils pourraient dater du Permien inférieur. Ils correspondent au premier épisode marin du Karoo.

L'épaisseur totale de la série, dans ses affleurements, est de l'ordre de 1.500 m. Elle est probablement représentée en profondeur dans tout le bassin, mais n'a jamais été atteinte en forage.

Soulignons l'importance du phénomène glaciaire, connu à la même époque en Afrique du Sud, en Amérique du Sud, dans l'Inde et en Australie.

2º—*Groupe de la Sakamena:* Permien supérieur et Trias inférieur.

Discordant sur le précédent, il affleure largement dans la moitié Sud du bassin de Morondava, plus sporadiquement dans la moitié Nord, le long du contact sédimentaire cristallin, et en auréole autour du Laccolithe basique du Fonjay.

C'est dans la partie Sud du bassin, où elle est le mieux développée, que l'on y a distingué trois parties:

a)—*Sakamena inférieure* —ensemble gréso-pélitique: grès fins à grossiers, conglomérats, pélites, schistes pélitiques. 800 à 2.500 m.

A la base, conglomérat à éléments souvent calcaires et alors à Algues calcaires (Dasycladacées, Lithothamnium) passant verticalement à des grès fins psammitiques à plantes (flore à Glossopteris, Voltzia...).

La moitié inférieure de cet ensemble présente parfois des calcaires en lits fins ou lenticulaires contenant des Lamellibranches. On y note également des grès à Lingules.

Dans la moitié supérieure, à dominance gréseuse: Reptiles (Rhinesuchus, Tangasaurus, Hovasaurus).

b)—*Sakamena moyenne* —argiles grises à septarias, cône in cône, quelques grès ..... 200 à 500 m.

Les nodules contiennent parfois une faune de poissons, des reptiles et de nombreuses Estherias.

c)—*Sakamena supérieure* 500 m.

Surtout gréseuse, mais comportant quelques argiles micacées gréseuses, finement litées, rouges ou vertes, parfois salées, à traces de plantes indéterminables.

Sa limite supérieure est indistincte lorsqu'il n'existe pas de discordance avec l'Isalo sus-jacent, comme c'est le cas général.

La discussion reste ouverte, en ce qui concerne la nature de la sédimentation Sakamenienne, les uns la tenant pour entièrement continentale, à l'exception de quelques fines intercalations marines (calcaires à Algues, calcaires à Lamellibranches, grès à Lingules), les autres, la considérant comme marine pour la plus grande partie de ses divisions inférieure et moyenne, en prenant argument des intercalations fossilifères et de la régularité de la sédimentation. Ajoutons qu'elle est marine (Ammonites) au Nord du bassin de Majunga (Sud Ouest de Diégo-Suarez).

Son épaisseur croît vers l'Ouest, tout au moins pour la partie inférieure, comme l'ont montré certains forages (plus de 2.500 m. à Saloanivo).

Son âge est relativement bien établi, grâce aux Ammonites accompagnées de Poissons et de Reptiles qu'on y a recueillies au Nord de l'Ile.

—Les Lamellibranches de la partie inférieure ont des affinités permiennes et et indiqueraient plutôt le Permien supérieur.

—Les plantes de la base, très mal conservées, pourraient faire penser au Trias inférieur, avec doute.

—Les Reptiles correspondent à deux zones du Beaufort Sud-africain (zone à Endothiodon et zone à Cisticephalus) que l'on s'accorde à placer au Permien supérieur.

—Les Poissons de la Sakamena moyenne coexistent, au Nord, avec des Ammonites datées de l'extrême sommet du Permien —base du Trias inférieur.

Si nous attachons un poids particulier à l'indication fournie par les Poissons, nous sommes amenés à placer la Sakamena inférieure dans le Permien supérieur, et nous ferons coïncider sa base avec celle de cette division transgressive et discordante sur le Permien inférieur du sommet de la Sakoa. La limite supérieure est imprécise.

Nous pouvons voir dans ce groupe un grand ensemble irrégulièrement régressif, qui évoque une immense plate-forme continentale à très faible pente, abondamment alimentée par un arrière pays élevé et soumis à une érosion très active, plate-forme sur laquelle de très faibles oscillations du niveau marin permettaient le dépôt de fines couches à faune marine. On comprend ainsi l'alternance capricieuse de faciès continentaux ou fluviatiles et de faciès marins. Toutefois, l'intercalation marine correspondant à la Sakamena moyenne a une importance régionale.

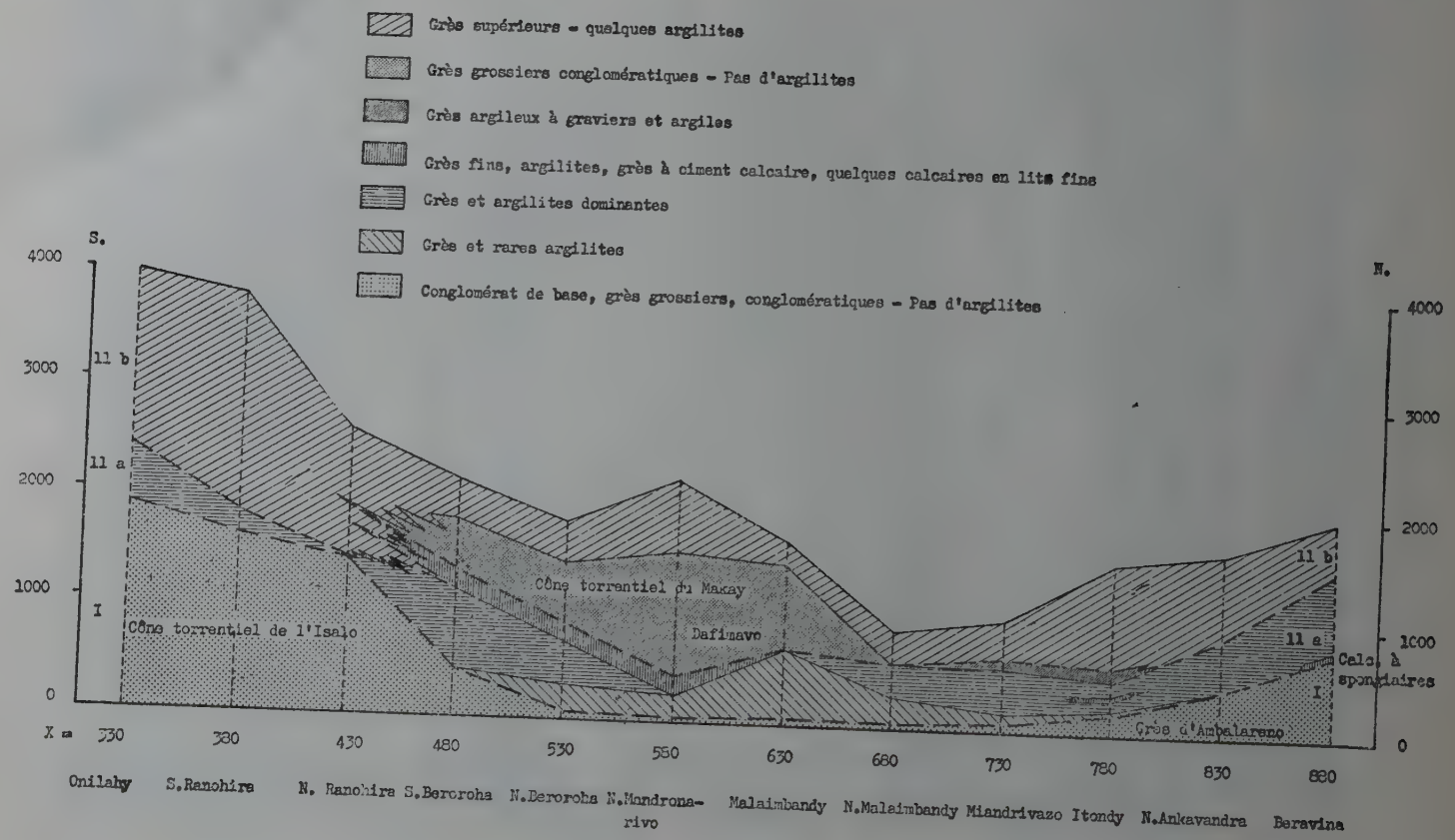
3°—*Groupe de l'Isalo:* Trias supérieur à Lias supérieur? Bajocien?

Egalement transgressif et parfois discordant sur le précédent, il affleure dans tout le bassin, formant une bande déprimée, subméridienne, plus ou moins large, entre le socle et la falaise des calcaires jurassiques.

Il s'agit d'une série continentale dont l'épaisseur visible va de 800 à 4.000 m. Les faciès oscillent entre conglomérats, grès grossiers à fins, grès argileux et argiles sableuses et argilites bariolées.

SCHEMA DES VARIATIONS D'EPAISSEUR ET DE FACIES DANS L'ISALO

DU BASSIN DE MORONDAVA



V. HOURCQ MADAGASCAR

Figure 3.

Des divisions y ont été établies pour les besoins de la cartographie. Elles correspondent à des groupes de faciès de morphologie différente, et n'ont pas de valeur chronologique.

Ce sont:

—*Isalo I*—formé essentiellement de grès grossiers, conglomératiques, massifs, a peu près dépourvus d'intercalations argileuses, dont le relief remarquable interdit la pénétration, qui correspondent à des cônes torrentiels de dimensions considérables (Ambalarano, et surtout Isalo). On y observe des masses conglomératiques, des grès à lits de galets, et des croûtes ferrugineuses témoignant de courtes émersions sous un climat chaud. Son épaisseur va de 50 à 2.000 m.

—*Isalo II*—subdivisé en deux parties dont la limite manque de netteté:

—*II a:* se différencie de l'Isalo I par l'apparition d'argilites. Il est formé par une alternance plus ou moins régulière de grès et d'argilites. Les grès sont mal cimentés et de couleur claire. Les argiles, presque toujours sableuses, sont généralement bariolées (marron rouge, vert, blanc). La proportion argile-grés est variable, mais l'ensemble reste à dominance argileuse et se marque dans la topographie par une zone déprimée, à relief mou, souvent parsemée d'étangs, de marécages et de rizières.

On y observe en outre, à des niveaux divers, des calcaires fins à Spongiaires (Lithistidae) exceptionnels et localisés à la région de Morafenobe, et plus fréquemment, vers le Sud, des grès à ciment calcaire, pouvant passer à des calcaires en lits fins.

Les bois silicifiés (Dadoxylon sp.) y sont abondants. On y a recueilli en outre, des dents de Ceratodus et des restes de Phytosauridae, connus au Trias supérieur et du Rhétien d'Allemagne. Les calcaires et grès calcaires n'ont fourni aucun fossile.

—*II b*—surtout gréseux: grès souvent arkosiques, mal cimentés, en bancs épais, de couleur claire. Quelques conglomérats et quelques argilites bariolées s'y ajoutent. Dans la partie centrale Sud du bassin (Makay, Dafimavo) on observe un ensemble conglomératique massif très comparable à ceux de l'Isalo I, et qui correspond lui aussi à un énorme cône torrentiel. Sa morphologie est identique à celle de l'Isalo "impénétrable".

La puissance totale de l'Isalo II va de 320 à 2.000 m., l'Isalo II-a intervenant pour 150 à 750 m., l'Isalo II-b, de 170 à 1.250 mètres.

Nous sommes ici en présence d'une succession détritique à peu près totalement continentale. La seule exception sûre est constituée par l'horizon de quelques décimètres de calcaires à Lithistidae, marins, et peut être, à la rigueur, peut-on percevoir de lointaines influences marines dans les rares calcaires et grès calcaires signalés. L'allure des dépôts évoque une sédimentation presque constamment torrentielle: stratification entrecroisée, absence de classement des galets... Les précipitations devaient être considérables sur le plateau gneissique

élevé. A des périodes de sédimentation intense succédaient des périodes calmes, des zones de calme sédimentaire avoisinaient des cônes torrentiels, d'où le dépôt d'argilites dans des lacs temporaires peu profonds. L'augmentation de la fréquence des argilites vers le haut peut indiquer l'atténuation progressive du régime torrentiel, en même temps que l'évolution vers un milieu aride, évolution que confirme la présence de "dreikanter" dans les grès.

L'Isalo apparaît donc comme un vaste dépôt de pied-mont. On peut donc supposer que son épaisseur décroît rapidement lorsqu'on s'éloigne de la zone d'origine de son matériel, soit vers l'Ouest et le Nord Ouest, et il n'est pas interdit de penser qu'il peut y passer latéralement, à une distance indéterminée, à des sédiments marins déposés dans le canal du Mozambique, déjà ouvert à la mer à diverses reprises.

Son âge est difficile à déterminer avec précision. Sa partie inférieure se situe en tout cas, au plus tôt, au Trias inférieur. La présence de quelques fossiles dans l'Isalo IIa, probablement Trias supérieur ou Rhétien confirment cette hypothèse. L'âge de sa partie supérieure est variable. Au Nord du bassin, en effet, l'Isalo est recouvert par des calcaires dolomitiques qui n'ont fourni aucun fossile démonstratif, et qui sont datés du Lias supérieur avec doute, surtout par analogie avec le bassin de Majunga, où la transgression post-isalienne est caractérisée par des faunes typiques de cet âge.

Vers le Sud, les calcaires dolomitiques changent de faciès, passent à des grès calcaires, qui s'effilent, puis disparaissent. Au delà, les premiers horizons fossilifères qui dominent l'Isalo II-b, contiennent des faunes probablement bajociennes. La limite supérieure de l'Isalo se situerait donc au Lias supérieur au Nord, au Bajocien à partir du Sud de Malaimbandy.

Si l'on ajoute à ce fait que des faciès continentaux très comparables à ceux de l'Isalo réapparaissent localement au-dessus des intercalations marines ainsi datées, pour s'étendre parfois jusqu'au Callovien, on comprend pourquoi au Sud du bassin, on a pu créer une troisième division dans l'Isalo, *l'Isalo III*. Cette Isalo III irait donc du Lias supérieur au Callovien supérieur, serait marin au Nord, à faciès mixte au centre du bassin, à dominance continentale au Sud, ainsi que l'exprime le schéma ci-contre. Toutefois, l'épisode transgressif de la base du Bajocien est général et peut constituer la limite supérieure de l'Isalo et le début des séries post Karoo, à dominance marine.

SCHEMA DES VARIATIONS DE FACIES DU CARBONIFERE SUPERIEUR AU CALLOVIEN

DANS LE BASSIN DE MORONDAVA

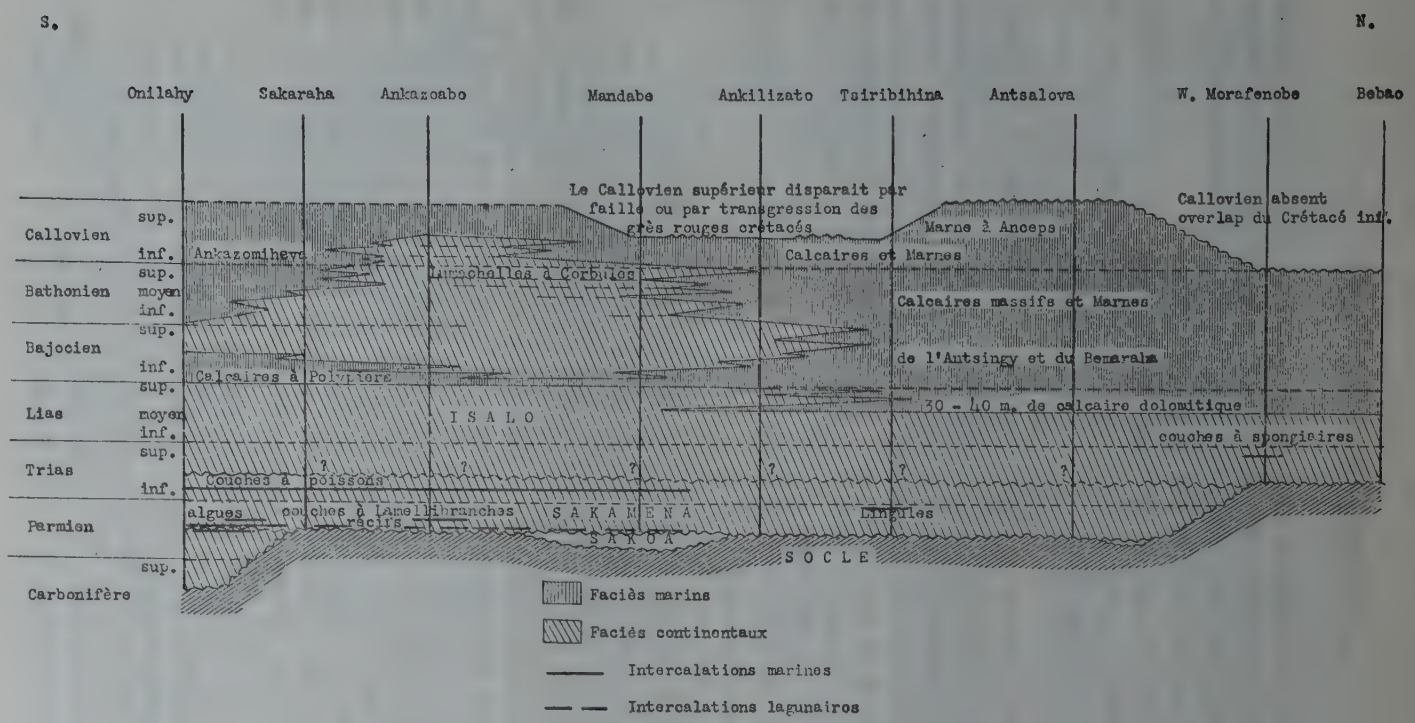


Figure 4.

Soulignons ici l'absence des évènements volcaniques de la fin du Karoo Sud-Africain, qui fait qu'il n'y a pas équivalence absolue entre les séries Sud-Africaines dont l'âge supérieur est probablement Trias inférieur —base du Lias, et les séries malgaches.

Toutefois, les intrusions basiques (dykes, necks...) sont extrêmement abondantes ici, surtout au Nord du bassin, l'épisode majeur se situant au Crétacé supérieur.

B—SERIES POST KAROO — Lias supérieur — Bajocien à Tertiaire.

La stratigraphie des séries sus-jacentes au Karoo est bien connue lorsqu'il s'agit de formations marines. En effet, Madagascar est depuis longtemps célèbre par l'abondance et l'excellence de la conservation de ses fossiles et en particulier des Ammonites. Mais les travaux cartographiques concernant ces séries n'ont été, jusqu'à cette année, que des travaux de reconnaissance.

La succession n'est donc connue que dans ses grands traits, que nous résumons ci-dessous.

1°—*Le Jurassique* —post Lias supérieur ou post Bajocien.

a)—*Au Nord du bassin,* la succession Jurassique est particulièrement développée dans la région d'Antsalova. Partout ailleurs, ou bien elle est obscurcie par des failles, qui font disparaître sa partie supérieure, où encore, elle est partiellement masquée par le recouvrement des grès rouges crétacés. On ne peut alors observer que Bajocien et Bathonien.

La falaise à couronnement calcaire qui marque le début de cette succession est un trait morphologique majeur. Continue sur plus de 300 Km., elle domine la dépression triasique de plusieurs centaines de mètres. Son altitude décroît du Nord au Sud de 700 à 300 m. Des plateaux lui succédent à l'Ouest, sur une largeur variable, de l'ordre de 30 Km., avec une pente légère et régulière, correspondant à l'affleurement du Bajocien -Bathonien. Leur limite occidentale est souvent constituée par une ou plusieurs petites falaises à regard Ouest, d'origine tectonique.

La section complète comporte de haut en bas:

6—Marnes à Duvalia:	Valanginien supérieur (?) à Aptien		
5—Marnes et calcaires glauconieux d'Antsalova:	Kimeridgien moyen à Tithonique.		
4—Marnes jaunes à anceps:	Supérieur	Callovien	50 — 100m.
3—Complexe marno-calcaire:	Inférieur	Callovien	50 m.

2—Calcaire massif et marnes du Bemaraha:	Bajocien — Bathonien	450 — 600 m.
1—Calcaire dolomitique de la falaise:	Lias supérieur (?)	40 m.
0—Isalo II-b		

Toute cette série est marine et fossilifère surtout à sa partie supérieure. On notera la lacune qui correspond à l'Oxfordien et au Kiméridgien inférieur.

b)—*Vers le centre du bassin* (Malaimbandy) les faciès ont déjà fortement évolué:

—Les calcaires dolomitiques de l'entablement sont passés à des grès calcaires peu épais à la base, en voie de disparition, et à des grès et argilites continentaux d'aspect isalien.

—de l'ensemble calcaire et marneux du Jurassique moyen, seule la base, sur une faible épaisseur et le sommet, plus largement d'ailleurs, sont restés marins. Le Bajocien est ainsi pratiquement entièrement représenté par des grès et argilites continentaux, de même que le tiers inférieur du Bathonien, où l'on note cependant quelques intercalations fines marines ou lagunaires (Corbules) jusqu'au sommet du Bathonien inférieur. Bathonien moyen et supérieur restent franchement marins, avec des calcaires oolithiques, pisolithiques, à Algues, puis des marnes à Ammonites.

—d'importantes intrusions perturbent le sommet de la série, et rien n'est connu du Jurassique supérieur sinon quelques marnes jaunes à Belemnites, pouvant correspondre à une partie de l'Oxfordien.

L'épaisseur totale du Jurassique ne dépasse pas 700 m.

c)—*Au Sud du bassin* (Ankazoabo), enfin la succession est la suivante:

—au-dessus de l'Isalo II vient sur une centaine de mètres, un ensemble gréso-argileux à lits calcaires parfois fossilifères datés probablement du Bajocien inférieur, dont le caractère marin est sûr. Localement, toutefois, ces couches peuvent passer à une alternance de grès continentaux et de grès calcaires, rarement fossilifères, de faciès mixte, dont l'épaisseur peut être plus considérable.

—dans l'ensemble qui domine ces couches, et qui correspond au reste du Bajocien, au Bathonien, et au Callovien inférieur, une partie inférieure est formée de grès et sables à stratification entrecroisée, fins, bien calibrés et dont le ciment est fréquemment calcaire (600 à 800 m.). La partie supérieure, également surtout gréseuse, contient des argiles devenant plus abondantes à son sommet, et comporte sur toute sa hauter des intercalations fines de calcaires ou de grès calcaires, lumachelliques parfois, à faunes saumâtres (Corbules) ou marines (Ammonites) sur une épaisseur de 600 à 900 m.

—la succession devient alors plus franchement marine, dès le Callovien supérieur marneux. Oxfordien, calcaire et marneux, Argovien surtout gréseux, et rouge à intercalations calcaires fossilifères, Kimeridgien et Portlandien calcaire et gréseux sont bien représentés et fossilifères sur plus de 1.000 m. de puissance.

L'ensemble jurassique, a donc une épaisseur de l'ordre de 3.000 m. Au Bajocien-Bathonien, on notera la dominance de faciès continentaux ou saumâtres, et on soulignera, ici encore, l'abondance de grès ferrugineux continentaux à l'Argovien et à la base du Kiméridgien, qui est à parallèliser avec l'absence de ces étages à Antsalova.

Les faciès, dans une grande partie de la série, montrent des conditions instables, à la limite du domaine continental, où les dépôts s'effectueraient sous une faible épaisseur d'eau, par passage progressif, mais rapide, de sédiments continentaux à des sédiments saumâtres ou marins. Ce n'est qu'au sommet du Jurassique que la série devient franchement marine.

Le forage SK 1, implanté au sommet du Jurassique, a montré que, vers l'Ouest, la série surtout détritique observée à l'affleurement passait très rapidement à une série à dominance argileuse d'aspect totalement différent.

2°—*Le Crétacé.*

Le passage du Jurassique au Crétacé est souvent continu, s'effectuant par une série marneuse assez constante, caractérisée par des Bélemnites.

Le bassin de Morondava, considéré dans son ensemble, possède un Crétacé marin littoral, très fossilifère, où tous les étages sont représentés. Toutefois, il n'existe pas de coupe où cette sédimentation ne soit interrompue par des faciès continentaux azoïques, à divers niveaux. Les principaux épisodes régressifs se situent localement à l'ensemble: fin de l'Albien-Cénomanien-Turonien, et à la partie inférieure du Sénonien (Santonien).

Ici encore, les lignes de rivage témoignent d'une instabilité considérable, car il est fréquent, dans les groupes sédimentaires formés de grès rouges ferrugineux, comme nous l'avons vu à propos de l'Argovien, de trouver de courts épisodes marins fossilifères qui permettent de les dater.

On peut toutefois considérer le Crétacé comme un ensemble à dominance marine. Son épaisseur est relativement faible, car elle oscille entre 250 et 600 m. environ.

La sédimentation y est en outre interrompue par des coulées basaltiques, d'importance variable, situées au Crétacé supérieur, parfois à

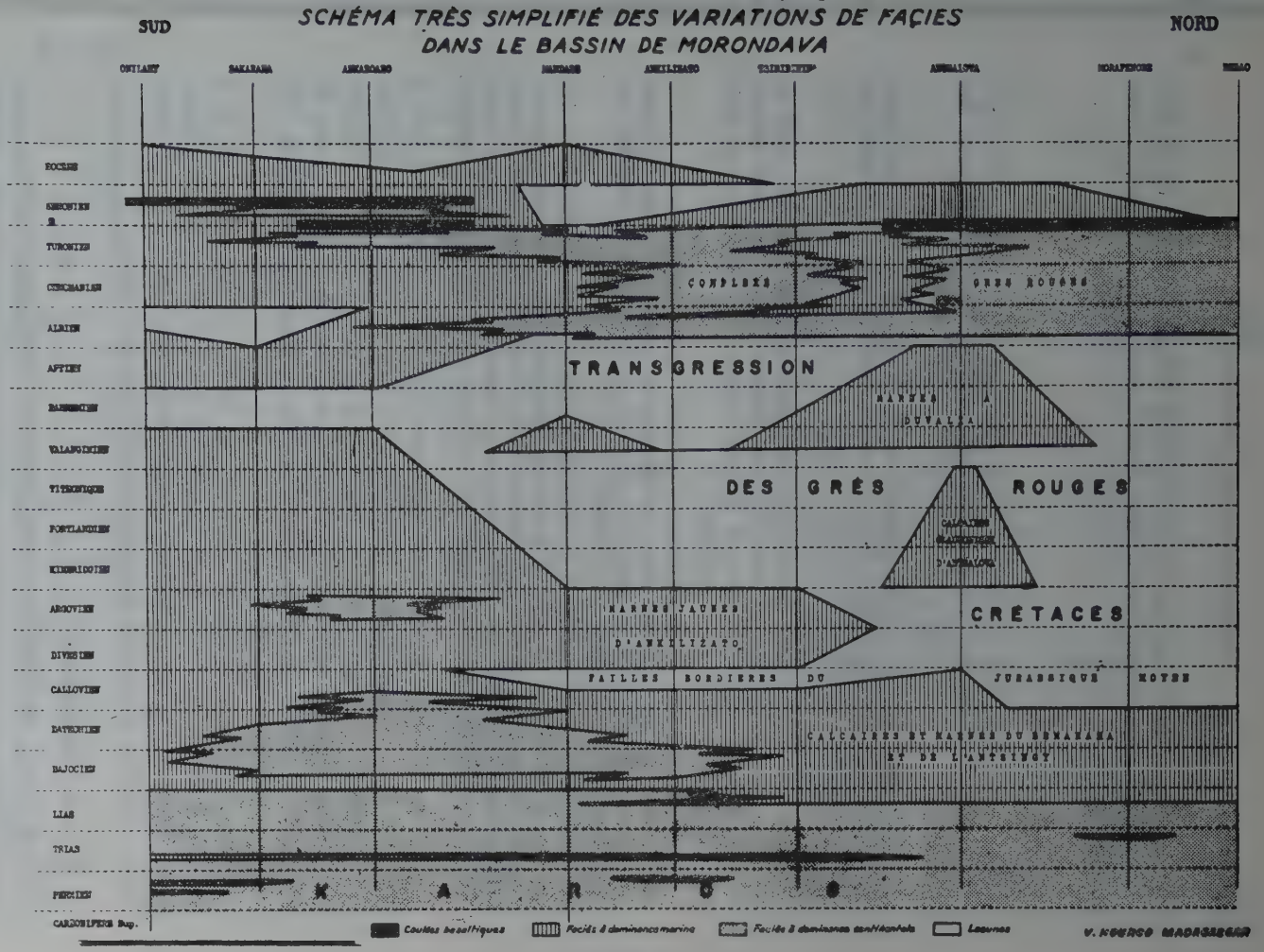

SUD
SCHÉMA TRÈS SIMPLIFIÉ DES VARIATIONS DE FAÇIES
DANS LE BASSIN DE MORONDAVA
NORD
CRÉTACÉS
TRANSGRESSION
DES GRÉS ROUGES
COMPLEXE
GRES ROUGES
MARNES A DUVALIA
MARNES JAUNES D'ANKILIZATO
FAILLES BORDIERES DU
JURASSIQUE MOYEN
CALCAIRES ET MARNES DU BEMARAHA ET DE L'ANTSINGY
KAROO
Coulées basaltiques
Faciès à dominance marine
Faciès à dominance continentale
Lacunes
V. KOURCO MADAGASCAR

Figure 5.

deux niveaux différents, sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Ces coulées ont été accompagnées d'intrusions basiques nombreuses, réparties dans toute la série.

3°—*Le Tertiaire.*

Vers la côte, les conditions d'observation deviennent difficiles, en raison de l'abondance des recouvrements de sables pliocènes et des alluvions.

—L'Eocène, qui affleure sporadiquement au Nord du bassin, sur une faible épaisseur, est bien représenté dans la région Sud, de part et d'autre du Mangoky, où il constitue d'immenses plateaux calcaires, recouverts d'une forêt à épineux, où l'absence d'eau rend la pénétration difficile.

Là où il est le mieux représenté, sont épaisseur peut atteindre 800 m. Il est représenté surtout par des calcaires divers, compacts, parfois dolomitiques, à Algues, Foraminifères et Lamellibranches. Vers le sommet, grès et marnes deviennent plus abondants.

Eocène inférieur et Eocène moyen semblent seuls représentés.

—on connaît de rares affleurements du Miocène en particulier dans la région du Cap St. André, sous un faciès de calcaires et de marnes fossilifères, sur une épaisseur d'une dizaine de mètres.

—La forêt côtière, enfin, a pour substratum une série généralement peu épaisse de sables rouges ou gris, à grains généralement fins contenant parfois des niveaux grossiers ou conglomératiques à stratification entrecroisée. Dépourvus de fossiles, ces sables roux sont datés du Pliocène parce qu'ils surmontent le Miocène, et sont cependant antérieurs aux alluvions quaternaires.

Comme on le voit, les renseignements que nous possédons sur le Tertiaire sont généralement médiocres. Diverses études géophysiques en particulier par sondages électriques, ont toutefois mis en évidence, sur la côte, dans la région de Morombé, une épaisseur importante de sédiments à faible résistivité inconnus en surface, pour l'étude desquels un forage est envisagé.

Pour terminer ce rapide tableau du Tertiaire, ajoutons qu'on y connaît, dans la partie Sud du bassin, de petites intrusions basiques, parfois accompagnées de coulées peu importantes, dont l'âge est post-Eocène moyen, sans que l'on puisse préciser davantage.

4°—*Le Quaternaire.*

Mal connu du fait de l'absence d'un nivellement suffisamment précis, il couvre des superficies considérables, sous diverses formes:

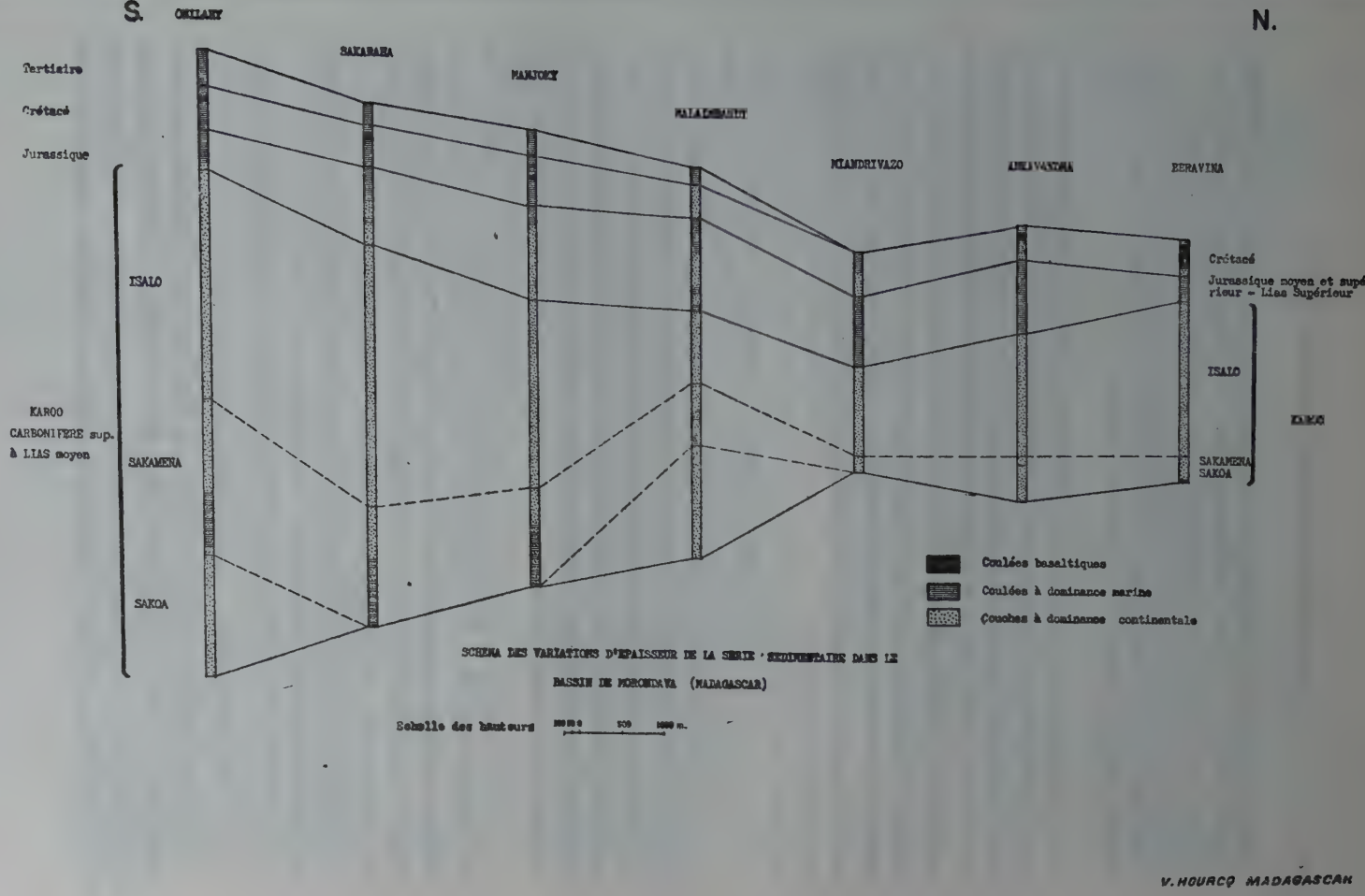

S.
N.
SAKABARA
MANJOKY
MIANDRIVAZO
BERAVINA
Tertiaire
Crétacé
Jurassique
ISALO
SAKAMENA
SAKOA
KAROO
CARBONIFERE sup.
à LIAS moyen
Crétacé
Jurassique moyen et supérieur - Lias Supérieur
ISALO
SAKAMENA
SAKOA
Coulées basaltiques
Coulées à dominance marine
Couches à dominance continentale
SCHEMA DES VARIATIONS D'EPAISSEUR DE LA SERIE SEDIMENTAIRE DANS LE
BASSIN DE MORONDAVA (MADAGASCAR)
Echelle des hauteurs
V. HOURCQ MADAGASCAR

Figure 6.

—Carapaces diverses, généralement argilo-sableuses, qui résultent de l'altération superficielle des roches sédimentaires et d'un remaniement de cette zone altérée sur l'action du ruissellement des eaux courantes et du vent.
—alluvions des fleuves, qui présentent plusieurs niveaux, et plages.
—tourbes et tufs, avoisinant des sources chaudes, et contenant des restes de Vertébrés (Hippopotames) du Quaternaire récent.

En résumé, les séries post-Karoo sont donc à dominance marine mais leur épaisseur totale est relativement faible, de 1.000 à 3.000 m. dans l'état actuel de nos connaissances. L'intrication fréquente de faciès continentaux aux faciès marins permet d'évoquer une plate-forme continentale à faible pente où les conditions sédimentaires étaient instables, en fonction de légers mouvements du socle et de variations faibles du niveau des eaux. Il est à peu près acquis que, vers l'Ouest, en direction du Canal du Mozambique, on assistera à une évolution favorable des faciès.

II. MANIFESTATIONS ERUPTIVES

On ne peut manquer d'être frappé par la surabondance des manifestations éruptives, la diversité de leur forme, la variété de leurs dimensions, particulièrement sur la marge Nord du bassin.

Pour l'ensemble de Madagascar, on les répartit en post-liasiques, crétacées, post-éocènes (Miocène ?) et quaternaires.

Dans le bassin de Morondava, nous notons:

1°—*Des coulées* localisées aux bords Nord et Sud du bassin. On les date du sommet du Turonien ou du Coniacien au Nord, avec plusieurs coulées superposées à la même époque. Au Sud, une première émission aurait eu lieu à la partie moyenne du Turonien, une seconde, plus importante, au Campanien inférieur ou moyen.

Généralement basaltiques, elles comportent parfois des épisodes rhyolithiques postérieurs (cap St. André).

L'absence de tufs fait penser à des émissions fissurales, sous la mer.

2°—*Des intrusions.*

D'innombrables necks et filons, le plus souvent basiques, accompagnés parfois de silts et même de petites coulées, traversent toute la série jusqu'au Turonien. Le même filon peut intéresser à la fois Cristallin et Isalo, Isalo et Jurassique moyen, Jurassique supérieur et

Crétacé, ce qui semble indiquer une phase unique d'émission pour l'ensemble de ces terrains.

On observe également des intrusions plus importantes: massifs, laccolithes. Tantôt basiques, parfois acides, elles peuvent être successivement basiques et acides, la venue acide étant très généralement plus récente.

Géographiquement, elles sont infiniment plus abondantes vers le Nord du bassin. Leur fréquence décroit vers le Sud, jusqu'au Mangoky. On n'en trouve guère, au-delà que dans le Crétacé, et à l'extrême Sud, un très petit nombre, à la base du Karoo.

On s'accorde à admettre une émission principale au sommet du Turonien. Cependant, une phase préliminaire est probable, peu importante et non reconnue en surface, démontrée par la présence de débris de roches éruptives dans les grès inférieurs du Crétacé moyen, qui serait antérieure à l'Albien supérieur.

D'autre part, un certain nombre d'intrusions également basiques ont été récemment découvertes dans la zone d'affleurement de l'Eocène, qui impliquent une phase post-éocène d'âge mal déterminé.

Les intrusions modifient la nature des roches encaissantes de façon généralement faible. Ces dernières sont parfois durcies, cuites lorsqu'il s'agit d'argiles, parfois silicifiées(Anjiabe), mais toujours sur une très faible épaisseur. On signale plusieurs cas où l'huile contenue dans le sédiment a subi une légère cokéfaction qui indiquerait le rôle possible des intrusions dans la dispersion de gisements, ou la modification des produits qu'ils contenaient.

L'action mécanique des intrusions varie suivant leurs dimensions:

—Elle est très faible pour les filons peu épais, où l'on note parfois un léger rebroussement des couches, localisé au contact, et des failles dont le rejet est très faible.

—Pour certains filons épais, pour les massifs et laccolithes, elle se traduit par des déformations appréciables (anticlinal d'Anjiabe, dôme d'Andrafiavelo), des failles régionales, accompagnées parfois d'ondulations à grand rayon de courbure (Ankilizato). Le laccolithe aujour d'hui érodé du Fonjay à ainsi provoqué la formation d'un vaste bombement, où les couches de la Sakamena, au contact, ont été légèrement métamorphisées.

Il semble donc que les petites intrusions soient montées librement dans des terrains soumis à des tensions probablement liées à des déformations d'ensemble irrégulières. Ces dernières peuvent être dues à la mise en place d'énormes masses intrusives dans le socle. On com-

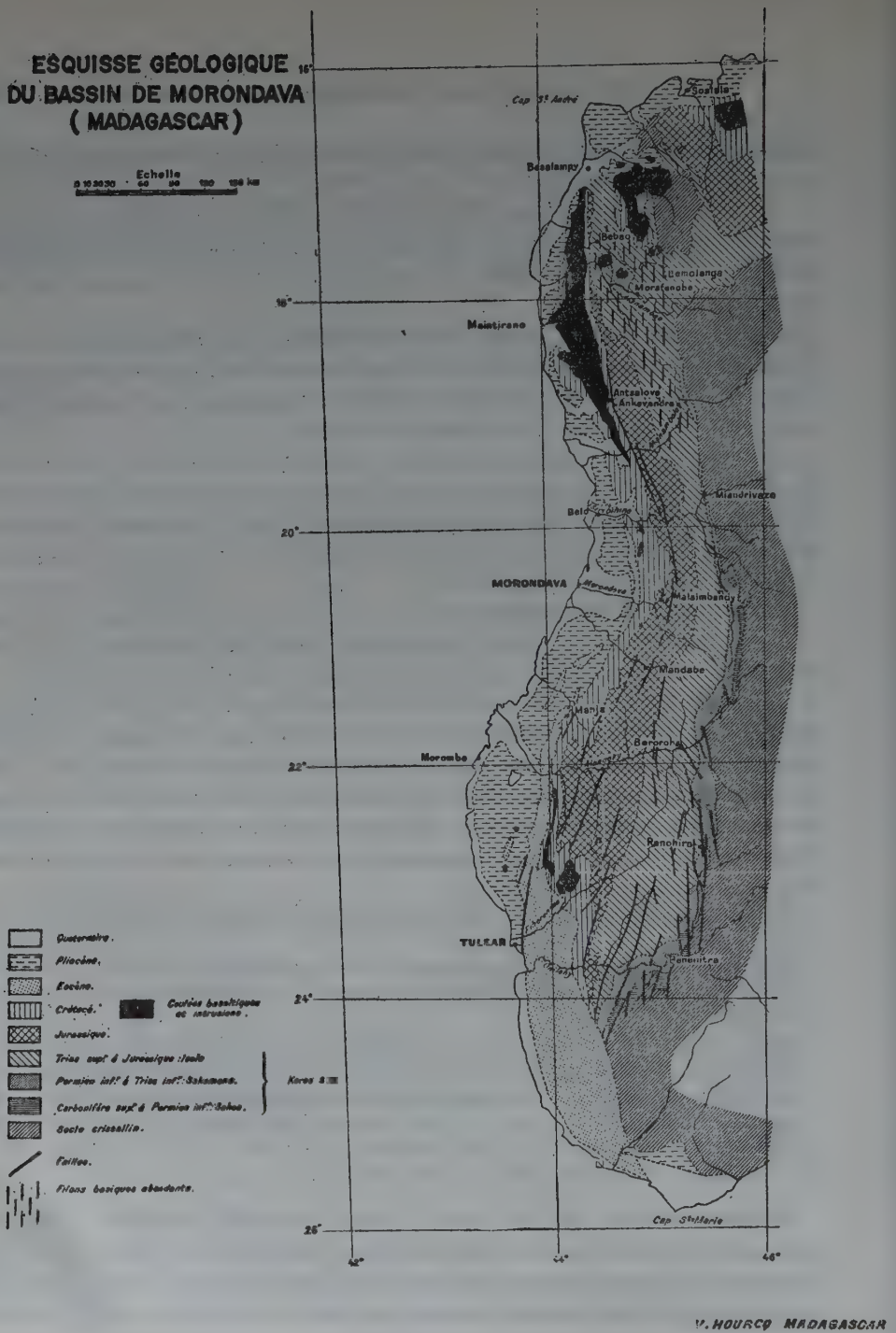

ESQUISSE GÉOLOGIQUE
DU BASSIN DE MORONDAVA
(MADAGASCAR)
Echelle
0 10 30 60 90 120 150 km
Cap St André
Soalala
Bassiampy
Bebao
Ilemolanga
Morafenobe
Maintirano
Antsalova
Ankavandra
Miandrivazo
Belo-sur-Tsiribihina
MORONDAVA
Morondava
Malaimbandy
Mandabe
Manja
Benoroha
Morombe
Ranohira
TULEAR
Fenerive
Cap Ste Marie
16°
18°
20°
22°
24°
26°
42°
44°
46°
Quaternaire.
Pliocène.
Eocène.
Crétacé.
Coulées basaltiques et intrusions.
Jurassique.
Trias sup.r à Jurassique : Isalo
Permien inf.r à Trias inf.r : Sakamena.
Carbonifère sup.r à Permien inf.r : Sakoa.
Socle cristallin.
Failles.
Filons basiques abondants.
Kores
V. HOURCQ MADAGASCAR

Figure 7.

prendrait ainsi leur localisation aux zones où la subsidence a été la moins active.

D'autre part, leur pénétration dans les sédiments était à la fois fonction des caractéristiques du magma injecté et de l'épaisseur des sédiments à traverser. On conçoit ainsi qu'elles soient, pour une région déterminée, plus fréquentes à la base de la série sédimentaire qu'à son sommet, pour un magma régionalement homogène. On comprend également pour les mêmes raisons, que les intrusions de grande dimension aient pris, de préférence, une forme laccolithique.

Ainsi, leur répartition, tant géographique que stratigraphique pourrait peut-être indiquer:

—que le bord Nord du bassin correspond à une zone de hauts fonds relativement stables par opposition aux régions à subsidence active.

—que le centre du bassin présenterait, sur ses bords, un enfoncement rapide du socle.

—que la partie Sud du bassin, pourrait être, à l'Est, très profonde, tandis que la région occidentale (du Sikily à Morombe) où il existe des intrusions, correspondrait à un haut fond.

Jusqu'ici, l'interprétation des mesures telluriques ne s'oppose pas à ces vues, sauf toutefois, en ce qui concerne la région de Morombe.

Signalons enfin la fréquence des sources hydrothermales de nature variable, généralement liées aux failles importantes et aux intrusions.

III. LA STRUCTURE

Le contact sédimentaire-cristallin est généralement un contact normal de transgression, et quelques petits accidents qu'on y observe doivent être mis au compte du tassement et de glissements sur les pentes. Toutefois, le contact Sakoa-socle est parfois faillé, et nous avons vu qu'il s'est produit une phase cassante très importante avant le dépôt de la Sakoa. Cette phase est confirmée, en ce qui concerne la forme du fond du bassin par les diverses méthodes géophysiques appliquées à ce problème (tellurique, gravimétrie, aéromagnétométrie). Ces accidents sont toutefois masqués par l'overlap des séries plus récentes, mais ils ont rejoué, à diverses périodes. Ce fait est démontré par la présence de failles visibles dans la Sakamena et l'Isalo, de rejet variable, mais sans commune mesure avec celui des accidents profonds auxquels elles sont exactement superposées.

Vue dans son ensemble, la structure est monoclinale et les pendages régionaux décroissent de la base de la série vers son sommet. En effet, les pendages moyens de la Sakoa vont de 15 à 30°, ceux de la Sakamena, séparés de la Sakoa par une discordance angulaire marquée, de 5 à 20°. Dans le reste de la série, ils ne dépassent pas normalement 5°.

Si aucune discordance angulairè n'a pu être mise en évidence, autre que celle indiquée plus haut, il en existe cependant probablement.

Les failles sont extrêmement nombreuses, de rejet très variable. Dans leur immense majorité, il s'agit de failles normales. Le monoclinal est donc affecté de nombreux accidents qui témoignent de l'enfoncement par degrés du socle, et ont provoqué, en quelques points, la formation de horsts et de grabens, visibles uniquement dans les séries inférieures, ou mis en lumière par géophysique.

Analysant plus en détail la structure des diverses séries, nous pouvons formuler quelques remarques:

1°—*La Sakoa* montre très souvent des ondulations et des failles. Les levés ont montré que ces ondulations se disposent généralement en auréoles autour des collines du socle cristallin. Les ondulations sont donc liées à des "buried hills".

2°—Ondulations et failles sont également communes dans la *Sakamena.* Là où cette série est déposée directement sur le Cristallin, ses conditions structurales sont identiques à celles de la Sakoa. Lorsque la présence de la Sakoa en profondeur est probable, l'intervention du socle est moins évidente, la structure adoucie, mais relève de la même cause.

3°—La discordance qui sépare ces deux séries témoigne de mouvements importants, post-Sakoa, dus probablement au rejeu de failles anciennes et à une subsidence active immédiatement à l'Ouest. La Sakoa doit donc posséder un système de failles qui lui est propre, mais qui peut se confondre, au cas où elles auraient joué à plusieurs reprises, avec celui de la Sakamena.

4°—La structure de *l'Isalo* est relativement simple. Quelques différences peuvent cependant être notées à ce propos entre le Nord et le Sud du bassin:

—*Au Nord,* une carte structurale a été levée, qui couvre 2.000 Km.² et qui devrait nous donner des indications valables. Mais, si sa valeur, localement, est acceptable, on doit faire de sérieuses réserves sur la validité de son exten-

sion, ou du raccord de cartes voisines, en raison de la lenticularité des dépôts. Quoi qu'il en soit, l'Isalo II-a, caractérisé par la fréquence des argilites, est le domaine, dans un ensemble plat à peine penté vers l'Ouest, de petits dômes, de petits plis anticlinaux à fermeture très faible. On y voit également une flexure régionale, un nose, quelques indications de terrasses structurales et diverses failles à faible rejet. Vers l'Ouest, la série redevient monoclinale avec un plongement un peu plus élevé.

Pour situer l'importance des accidents ainsi signalés, précisons que les pendages qui y sont relevés atteignent au maximum 4°30, et cela très localement, que le rejet des failles ne dépasse jamais 40 m., que la fermeture des anticlinaux va de 40 à 70 m.

Forages et géophysique (magnétisme) ont montré, dans tous les cas ainsi étudiés, que l'origine de ces déformations était à rechercher dans la mise en place d'intrusions.

—*Dans la partie Sud du bassin,* où il n'existe pas d'intrusions, le style tectonique est caractérisé, dans un ensemble monoclinal, par la multiplicité des failles, d'orientation générale SSW-NNE, grossièrement parallèles au contact sédimentaire-cristallin, presque toutes normales. Elles donnent parfois naissance à des horsts et des grabens, dans lesquels on peut enregistrer de petites ondulations de faible fermeture et qui ont été provoquées par des compressions locales dues au plongement convergent des plans de failles. Le rôle du socle est ici évident.

5°—Dans les *séries supérieures,* des plissements de grandes dimensions et failles régionales ont été découverts au cours de levés de reconnaissance, dont certains ont fait l'objet d'études par géophysique et par forage.

a)—Au Nord de Maintirano, à l'Ouest de la nappe basaltique, une boutonnière du Crétacé supérieur fait affleurer les marnes à Duvalia (Crétacé inférieur). Elle correspond à un double bombement, celui du Nord formant un dôme de quelques kilomètres de diamètre. Les terrains affleurants ont montré de nombreuses intrusions tant basiques qu'acides (microgranite à riebeckite). Deux forages y ont été exécutés en 1931 et 1932 qui ont démontré l'existence à faible profondeur du toit d'un vaste laccolithe.

b)—Au Nord d'Antsalova (Anjiabe), un pli anticlinal faisant apparaître les calcaires du Jurassique Supérieur dans les marnes du Crétacé Inférieur est évidemment en liaison avec la montée d'un important filon basaltique qui en occupe l'axe.

c)—A l'Ouest de Malaimbandy, on observe, entre le Jurassique moyen et les grès du Crétacé, d'importants massifs de gabbro. Le bord occidental du Jurassique est faillé au voisinage de ces massifs, et toute

la série affectée de plongements inverses sur une vaste surface. Le rôle des gabbros parait là évident.

d)—La région située au Sud de Mandabe présente un aspect anticlinal dont la réalité n'a pu encore être contrôlée, mais qui pourrait correspondre soit à un véritable anticlinal de grandes dimensions, soit à une structure faillée formée de compartiments à pendage opposé. Des études géologiques sont prévues sur ce problème, en même temps que des mesures gravimétriques.

e)—Entre Tuléar et le Mangoky existe une zone tectoniquement complexe où, toutefois, l'allure du Crétacé indique une importante surélévation, dont la culmination atteint 1.300 m. dans la zone où les coulées basaltiques sont les plus développées (Analavelona). Vers le Nord cette structure est brisée par des failles parallèles SSW-NNE, limitant des compartiments à pendages variables. Son axe correspond à des blocs abaissés. Après la formation d'une vaste voussure, la clé de voûte de cette dernière s'est donc effondrée. Les études géologiques concluent à la probabilité d'un moteur éruptif.

De cette analyse, on peut tirer les conclusions suivantes:

1)—Forme du fond et tassement différentiel jouent un rôle important pour les séries inférieures; là où leur épaisseur n'est pas considérable.
2)—Le rôle déformateur des intrusions est évident et directement fonction de leurs dimensions.
3)—La tectonique cassante du socle est responsable des nombreuses failles.
4)—Il n'existe aucune présomption de poussées tectoniques tangentielles, l'ensemble se réduit à des efforts verticaux du socle et des intrusions.

IV. FORME GENERALE DU BASSIN

De la morphologie générale du bassin, des considérations précédentes concernant les phénomènes volcaniques et la structure, de diverses études géophysiques, enfin, résultent quelques indications sur la forme générale du socle en profondeur qui peuvent être groupées ici, à titre d'hypothèses de travail.

1°—La forme de la côte actuelle, et l'étendue de la zone d'affleurement du Karoo montrent la probabilité de hauts fonds sur les bords Nord et Sud Ouest du bassin.

a)—L'interprétation des mesures telluriques faites au Nord permet de conclure à la présence d'un socle relativement peu profond et peu penté vers l'Ouest dans la région de Morafenobé-Folakara. Une di-

minution brusque des valeurs à l'Ouest indiquerait là un enfoncement assez rapide. Il semble toutefois que la région de Folakara-Maroboaly correspond à un haut fond orienté NNW-SSE, s'ennoyant vers le Sud, probablement limité par failles, et séparé de l'affleurement actuel du socle par une fosse relativement profonde.

La répartition géographique et stratigraphique des intrusions extraordinairement abondantes dans la même région corrobore cette hypothèse.

b)—Quant aux hauts fonds probables au Sud-Ouest du bassin, l'hypothèse est appuyée, en dehors de l'argument de morphologie générale, sur l'existence d'intrusions et de coulées, tant crétacées que tertiaires et sur l'existence d'une vaste structure anticlinale dans la zone Jurassique-Crétacé d'Analavelona-Sikily.

Toutefois, jusqu'ici, ni la tellurique, ni les sondages électriques, ni, semble-t-il, la gravimétrie, n'ont apporté d'arguments déterminants.

Du point de vue strictement paléogéographique, d'autre part, aucune indication de haut fond ne peut être notée dans la sédimentation tant Jurassique que Crétacée.

Il n'en reste pas moins qu'une telle structure pourrait avoir existé pendant le dépôt du Karoo, pour disparaître après colmatage des fosses par les séries inférieures.

Le problème reste donc entier pour la région Sud-Ouest du Bassin, et l'on doit convenir que la présence d'un horst ancien dans cette zone s'intègrerait bien dans le style "africain" particulier auquel nous devons nous attendre.

2°—La partie centrale du bassin correspondrait à une zone profonde, où l'épaisseur croîtrait très rapidement à partir du contact, pour atteindre une valeur élevée vers la côte.

Les mesures telluriques qui y ont été effectuées apportent des arguments favorables.

On peut donc imaginer actuellement, deux avant-fosses profondes, bordant le socle au Nord et au Sud du bassin, où se seraient accumulées d'énormes masses de sédiments correspondant au Karoo, fosses peut-être plus ou moins isolées de la mer vers l'Ouest, mais communiquant avec elle par la partie centrale du bassin. Ce serait donc aux extrémités Sud et Nord de ces fosses que des faciès latéraux des séries anciennes seraient intéressants à considérer.

V. LE PROBLEME DU PETROLE

A—LES INDICES.

Les principaux indices de pétrole de Madagascar sont connus depuis fort longtemps dans la région de Morafenobe-Bemolanga. Il s'agit là des plus importants. Le développement des recherches a amené la découverte de nouveaux indices dans tout le bassin.

Stratigraphiquement, tous ces indices sont liés aux séries à faciès Karoo.

1°—On n'en connaît toutefois aucun dans la série de la *Sakoa.*

2°—Dans la *Sakamena,* ils sont relativement rares, peu développés et localisés surtout à la region Sud, où cette série à son plus complet développement à l'affleurement. De l'Onilahy au Mangoky on peut cependant affirmer que l'existence de manifestations hydrocarburées est un phénomène général.

Au Sud de Ranohira, il s'agit d'indices de fissures, fossiles, généralement très altérés et mis en mouvement par les eaux météoriques dans des zones faillées. C'est le cas d'Ambohitra (Sakamena inférieure), d'Antsokaky, de Sakalama, de Leposa (Sakamena moyenne ou sommet de la Sakamena inférieure). Dans tous les cas, l'indice de fissures est accompagné d'imprégnations plus ou moins importantes dans les grès.

Au Nord de Ranohira, à des indices inertes, comme les précédents, s'ajoutent des indices actifs, d'une huile peu oxydée, souvent accompagnés de fortes manifestations salines (Tanambao, Itoha, Amabalabe), toujours dans la Sakamena inférieure, et toujours en liaison avec des failles.

Il faut rappeler qu'au N.W. de Morafenobe, sur la rivière Ranobe (Masiakampy) on connaît des inclusions d'huile légère dans une intrusion basaltique, et quelques imprégnations dans la Sakamena.

3°—C'est dans l'*Isalo* et au Nord du bassin, que les indices sont les plus abondants et les plus spectaculaires. Ils y sont localisés étroitement à la partie supérieure de l'Isalo (Bemolanga) et à la partie inférieure de l'Isalo IIa (Folakara, Marobolaly...). Leur fréquence décroit vers le Sud, et les plus méridionaux, qui sont en même temps les plus élevés dans la série, proviennent de la région du Manambolo.

Il s'agit d'imprégnations, de suintements d'huile plus ou moins lourde, de traces d'huile cokéfiée aux épontes de filons éruptifs.

Une mention particulière doit être faite des grès asphaltiques de la région de Bemolanga, qui ont fait l'objet d'études anciennes, et dont le tonnage minimum reconnu à la suite d'une récente campagne de petits core-drill est de l'ordre, sur 400 Km.^{2}, de 250.000.000 de tonnes avec des teneurs variant de 5 à 15%. Structuralement, cet amas considérable correspond à un point haut du socle. Il s'agit ici d'un gisement atteint par l'érosion, et dégradé.

Fait remarquable, les analyses faites des indices de tout le bassin ont révélé des compositions chimiques très comparables, qui permettent d'évoquer une même origine probable.

Ajoutons enfin qu'aucun indice n'a été jusqu'ici signalé dans les séries post Karoo.

B—ORIGINE DES HYDROCARBURES.

En posant la question de l'origine du pétrole, nous entrons dans le domaine des hypothèses.

1°—Par des faciès continentaux ou fluviatiles à l'affleurement l'*Isalo* parait en bloc, impropre à la génèse des hydrocarbures.

On peut peut-être alors penser à la présence vers le large de faciès latéraux (laguno-marins et marins) plus propices, et à une longue migration vers l'amont pendage. Il n'y a à cela aucune impossibilité théorique, on peut toutefois remarquer:

—bien que l'Isalo I présente partout des couches poreuses, les indices sont localisés à une région qui ne constitue pas le seul point haut de la série,

—bien que les faciès de l'Isalo II-b soient très voisins de ceux de la base, on n'y rencontre aucune imprégnation. Ce niveau resterait-il continental vers le large, contrairement au précédent?

Aucun argument n'est d'ailleurs déterminant, car il est possible que les faciès latéraux propices restent localisés à la région Nord du bassin, et limités à la partie inférieure de l'Isalo, l'Isalo II-a argileux pouvant constituer une bonne protection.

2°—Nous avons fort peu d'éléments positifs en ce qui concerne *Sakoa* et *Sakamena*, sinon la présence d'indices à la partie inférieure de la Sakamena.

La succession, en effet, y est essentiellement continentale, sur une épaisseur considérable. Cependant, elle présente des intercalations marines certaines, surtout au Permien supérieur. Nous n'en connaissons évidemment que les aspects les plus littoraux, en raison de la sorte

de transgressivité de l'Isalo. Il est probable que leur caractère marin s'accentue rapidement vers le large, c'est-à-dire vers le Nord-Ouest probablement. La présence de récifs importants peut en outre y être envisagée sans trop d'optimisme.

Pour l'ensemble de ces raisons, on admet d'une façon générale que le pétrole des indices qu'on y rencontre, et probablement même celui de l'Isalo, a son origine dans une de ces séries ou même dans les deux.

Nous devons mentionner ici une hypothèse ancienne d'après laquelle, par analogie avec ce qui est connu du Karoo d'Afrique du Sud, l'huile aurait pu provenir d'une distillation des charbons de la Sakoa provoquée par les intrusions. Deux arguments peuvent s'opposer à cette hypothèse:

—d'abord le volume des indices du Nord impliquerait la distillation d'une importante masse de charbon dont on ignore si elle existe en profondeur.
—en second lieu, les analyses chimiques de l'huile ont montré qu'il n'y existait aucun des corps que l'on devait y trouver s'ils avaient cette origine.

Cette hypothèse a donc été abandonnée.

3°—Aucun indice n'a jamais été trouvé dans les séries post-Karoo. On ne signale, dans la succession, aucun faciès qui puisse être considéré, sur les standards actuellement admis comme roche mère potentielle. De là, si l'on y ajoute l'épaisseur souvent faible des sédiments qui leur correspondent, et l'absence au moins en surface, de structures pouvant servir de pièges, l'absence d'intérêt manifesté jusqu'ici à leur égard.

Il existe cependant un problème des séries supérieures, dont on doit penser:

—qu'elles s'épaississent vers le large,
—que leurs faciès évoluent de façon favorable dans la même direction,
—qu'enfin, les failles qui y existent peuvent avoir provoqué la formation de zones fermées.

La présence de coulées basaltiques intercalées est cependant un élément défavorable, tant pour l'application de méthodes géophysiques destinées à élucider la structure sous les basaltes, que pour le forage.

C—MISE EN GISEMENT —PIEGES.

Dans l'hypothèse où la Sakoa et Sakamena sont la seule source de pétrole, et étant donné la localisation géographique des indices, force

nous est d'admettre une importante migration de l'huile, latérale d'abord, puis verticale par les failles, et peut-être à nouveau latérale dans l'Isalo I, l'Isalo II jouant le rôle de couverture. Le terme ultime aurait été l'accumulation dans les points hauts, où dans certains cas, l'érosion et la mise à l'affleurement auraient permis la dégradation des gisements (Bemolanga).

Ce processus, qui explique les indices, peut ne s'être appliqué qu'à une partie de l'huile. Il est raisonnable de penser qu'une autre partie de cette huile a été capturée par des pièges mieux protégés et plus profonds, soit dans la Sakamena, soit dans l'Isalo.

Nous n'avons toutefois de preuves valables qu'en ce qui concerne la migration verticale par failles. La migration latérale, nécessaire, reste hypothétique.

La date de la migration, sans doute étalée sur une longue période, est cependant probablement ancienne. Il y a beaucoup de chances pour qu'elle ait été achevée au moment où, au Crétacé supérieur, se sont produits les phénomènes volcaniques qui ont truffé le Karoo d'un réseau serré de dykes verticaux, plus ou moins épais, d'orientation très variable, qui compartimentent les terrains en cellules étroites, et qui, par suite, interdisent toute migration. A cet effet ont pu s'ajouter des actions destructives ou seulement dispersives sur l'huile accumulée dans les gisements. Il en résulte de toute façon la conclusion que les pièges contemporains des intrusions et créés par les déformations dues à leur mise en place n'ont aucun intérêt, sauf au cas exceptionnel où ils coïncideraient par hasard avec un gisement ancien. Seuls les pièges existant avant la période éruptive sont donc, à priori, à retenir. Le problème à résoudre, très difficile, consistera donc à séparer ces deux types de pièges.

Quels sont donc les types de structures auxquels nous pouvons nous attendre?

Nous savons que l'allure monoclinale originelle n'a été modifiée que:

—par les inégalités de la forme du fond, où les buried hills peuvent donner naissance à des formes anticlinales, à des fermetures par biseaux sur leurs flancs, à des terrasses...

—par des failles,

—par des déformations liées à la mise en place d'intrusions.

A ces pièges structuraux, s'ajoutent, bien entendu, toutes les pos-

sibilités de pièges sédimentaires, lentilles, biseaux de convergence de formations, troncatures par discordances...

Si, pour les parties exposées des séries, la géologie de surface peut suffire, il est probable que les conditions d'épaisseur y sont défavorables. Lorsque les épaisseurs seront grandes par contre, le reflet superficiel des formes profondes risque d'être invisible, et seules les méthodes géophysiques peuvent donner des indications. Il sera ensuite essentiel de pouvoir discerner ce qui revient au socle, de ce qui revient aux intrusions, problème difficile, qui dévalorise à priori la partie Nord du bassin.

De ce qui précède, on peut conclure que deux problèmes principaux se posent pour l'ensemble du bassin:

—le problème du Karoo,
—le problème des séries post-Karoo.

VI—HISTORIQUE DES RECHERCHES ET RESULTATS

A—LES PREMIERS TRAVAUX.

Les recherches de pétrole à Madagascar ont débuté il y a fort longtemps, par forage au voisinage des indices principaux, comme il était d'usage alors.

Un groupe anglais travailla à Folakara pendant deux périodes consécutives, de 1909 à 1912, puis de 1914 à 1919, forant 7 puits pour une profondeur totale de 1.730 m. Presque simultanément de 1913 à 1919, un groupe américain exécutait 6 forages (3.479 m.), dans la région de Maroboaly, au Sud de Folakara. Les résultats en sont assez mal connus, mais aucune production commerciale ne couronne ces efforts.

C'est à partir de 1924 que le Territoire de Madagascar s'intéresse au pétrole, en envoyant plusieurs missions géologiques destinées à l'étude des conditions générales: mission L. Bertrand et L. Joleaud, d'abord, mission Barrabe, ensuite, qui concluent à l'intérêt de recherches systématiques, donnant une première idée des successions stratigraphiques et découvrent les premières structures.

A la même époque, la présence de terrains favorables ayant été mise en évidence dans la région du Fonjay, un petit forage est exécuté (1924) pour des recherches de charbon dans le moyen Ranobe, sans succès.

En 1928, la Colonie et quelques capitaux privés s'intéressent au grès bitumineux de Bemolanga, en étudiant l'extension par puits et forages à main. Le problème était de savoir si le tonnage de ces grès était suffisant pour en permettre une extraction industrielle, et de contrôler si l'exploitation des grès et la séparation des produits bitumineux pouvaient être rentable. La réponse à cette dernière question fut négative.

Cette première période, faite d'efforts discontinus, n'apportait donc que peu de résultats d'ordre pratique.

B—DE 1930 A 1939.

Une seconde période s'ouvrait en 1930, à la suite des rapports favorables fournis par les missions geologiques, qui se terminera en Août 1939, en raison des hostilités.

En 1930, une mission de la Compagnie Française des Pétroles (de Cizancourt et Aubert de la Rue) se livrait à l'étude générale de la région comprise entre le parallèle d'Ankavandra et celui du Fonjay, et à l'examen détaillé des structures révélées par la reconnaissance antérieure de L. BARRABE, en particulier celle d'Andrafiavelo.

La décision est alors prise de forer Andrafiavelo, et le choix se porte sur le dôme septentrional d'Ankilimanarivo. Le premier puits, en 1934, après avoir traversé une faible épaisseur de Jurassique supérieur légèrement métamorphisé à la base, rencontre à 330 m. le toit d'une intrusion. Un second puits situé sur le même dôme à quelques kilomètres vers l'Ouest, traverse une section un peu plus épaisse, et atteint le même laccolithe à 461 m. L'origine éruptive de la structure est ainsi démontrée et elle est abandonnée.

C'est alors que commenceront les études géologiques de détail dans la région des indices de Folakara. Des cartes structurales seront levées, qui montrent quelques petites ondulations fermées où le forage est décidé.

La première testée est celle de *Tsimiroro*, sorte d'anticlinal allongé Sud Sud Est-Nord Nord Ouest, sur 5-6 Km., large de 2 Km. dont la fermeture est de l'ordre de 60 m. Les pendages, sur les flancs, sont de 2° à 2°30, atteignant 4°30 sur une zone étroite dans la région du top. Quelques filons éruptifs sont visibles, plus ou moins épais, dont certains parallèles à l'axe de la structure. Toutefois aucune faille n'est indiquée. Foré en 1936, Tsimiroro 1 traverse 820 m. de sédi-

ments, puis 60 m. de basaltes pour toucher la série gneissique à 880 m. Notons ici que l'épaisseur des basaltes est sensiblement égale à la fermeture de la structure. Il a cependant rencontré quelques couches fortement imprégnées qui paraissent dignes d'intérêt et justifient le forage d'un Tsimiroro 2 limité à 470 m. dans lequel des essais de production sont effectués, donnant par puisage à la cuillère, quelques 400 litres/jour d'un pétrole très lourd accompagné d'eau douce.

La structure *d'Ambohidranomora* est alors étudiée. Il s'agit d'un dôme très plat de 30 m. de fermeture en surface, sur lequel existent de beaux indices d'une huile lourde. La sonde y atteindra 1.280 m. dans l'Isalo, sans montrer d'imprégnations notables. L'extrême limite de puissance de l'appareil était atteinte, le puits est abandonné.

Pendant le forage, une étude magnétique démontre l'existence d'une masse magnétique importante sous le dôme, correspondant à des roches basiques qui, là encore, sont responsables de la déformation de l'accident.

Une troisième structure justifie le forage. Il s'agit de *Marokomony* qui atteint, à la déclaration de guerre, 425 m., après avoir rencontré de nombreux indices d'huile, et même de gaz, sur lesquels on a peu de renseignements. La guerre, en effet, interrompt alors les travaux, Marokomony et Analamavo, qui venaient de démarrer sont abandonnés.

Signalons que, dans le cas de Marokomony, dôme subcirculaire la carte magnétique montre encore une anomalie qui se superpose exactement à la structure.

C—DE 1945 A 1954.

I—Les travaux seront repris en Juillet 1945, après 6 ans d'interruption.

a)—Il s'agira d'abord de levés géologiques, dont le but de rechercher des structures, en étendant vers l'Ouest et le Nord Ouest la zone déjà étudiée. Au cours de cette période, de rare ondulations et de rares accidents sont découverts. Toutefois, la fréquence des intrusions est très grande, leurs dimensions deviennent considérables et leur liaison avec les accidents, évidente.

b)—En même temps, des études géophysiques de reconnaissance sont entreprises systématiquement pour la première fois.

Le problème posé est celui de la forme générale du substratum cristallin du bassin, dont les anomalies peuvent avoir provoqué la

formation de structures favorables. Le choix des méthodes est donc limité à celles dont une caractéristique est d'être relativement indépendante de la nature du socle: gravimétrie, magnétisme et tellurique. L'étude de la forme des sédiments en profondeur sera réservée ultérieurement à la sismique. Toutefois le magnétisme devra être éliminé en raison de la surabondance des intrusions.

1°—Un test de mesures gravimétriques à la balance de torsion —seul instrument disponible à cette époque en France— aboutit à un échec total. Le relief extraordinairement tourmenté exigeait en effet des corrections topographiques dont la valeur était fréquemment beaucoup plus importante que les valeurs mesurées et dont la détermination précise n'était pas économiquement possible.

2°—Par contre, l'essai d'application de la méthode tellurique par l'exécution de mesures sur une bande de profils allant du socle à la mer, donnait d'excellents résultats. Il montrait en effet:

—qu'il existait un régime tellurique satisfaisant
—que les variations de ce champ étaient suffisantes pour donner des valeurs différenciées.

L'absence de courants vagabonds d'origine industrielle facilitait en outre les mesures.

Fait remarquable: les intrusions peu épaisses (dykes) se révélaient transparentes aux courants telluriques. Seules peut-être, les masses basiques importantes pouvaient être perçues.

3°—De ces résultats, découlaient deux remarques:

—La tellurique paraissant mieux adaptée que la gravimétrie. En effet, les valeurs gravimétriques sont influencées non seulement par la forme du socle, mais également par ses hétérogénéités d'où difficultés de leur interprétation. Le socle, par contre, est très généralement très résistant quelle que soit sa constitution (bien que, dans certains cas particuliers, le socle puisse être conducteur).

—La tellurique paraissait insuffisante à elle seule pour permettre de distinguer, dans les déformations de la surface du socle, celles liées à la forme du socle ancien proprement dit, de celles provoquées à une date beaucoup plus récente par la mise en place de masses intrusives. Or, cette distinction était essentielle, comme nous l'avons vu, d'après les hypothèses sur l'époque de la migration du pétrole. Le magnétisme paraissait par contre, susceptible de donner cette indication.

4°—La méthode tellurique fut donc choisie, accompagnée de sondages électriques paramétriques, en vue de l'interprétation quantita-

tive des mesures telluriques, et des mesures magnétiques, destinées à mettre en évidence les masses magnétiques probablement éruptives.

Les résultats des travaux tant géologiques que géophysiques de 1945-1946, l'étude critique des conditions générales, tout démontrait que les difficultés de la recherche étaient considérables dans la partie Nord du bassin en raison de la surabondance des intrusions. Il paraissait dès lors sage, compte tenu des renseignements fournis par les cartes de reconnaissance du Service des Mines, d'effectuer une étude de l'ensemble du Karoo dans tout le bassin, avec l'espoir d'y trouver des zones où les conditions seraient aussi favorables que dans le Nord, et où les recherches seraient plus faciles.

II—Les années 1947 et 1948 furent consacrées à cette tâche, sur une superficie de l'ordre de 60.000 Km.^{2}

Il était évidemment impossible de couvrir en peu de temps la totalité du bassin par une reconnaissance suffisamment detaillée.

a)—En ce qui concerne la géologie de surface, l'homogénéité des conditions, déjà mise en lumière par les cartes administratives au 1/200.000, permit d'envisager le levé de coupes orientées Est-Ouest espacées de 5 Km. en moyenne, qui apportaient la garantie qu'aucune anomalie structurale importante ne pouvait échapper. La recherche des indices était également un des objectifs principaux.

b)—Quant à la géophysique, le procédé le plus apte à nous donner le renseignement général demandé, parut être la couverture d'un certain nombre de bandes perpendiculaires aux directions structurales, donc transversales au bassin, dont la répartition fut choisie de la façon la mieux équilibrée, et dont les dimensions étaient déterminées par des considérations de rendement des équipes telluriques.

c)—Les résultats généraux obtenus pouvent être résumés de la façon suivante:

—en dépit de variations latérales de faciès et d'épaisseur, la sédimentation est remarquablement homogène.

—les seules structures notables rencontrées sont localisées au Sud du bassin.

—la fréquence des intrusions décroît vers le Sud. Il n'en existe plus dans le Karoo au Sud de Mangoky.

—des indices existent dans la même région, localisés à la Sakamena inférieure.

—l'interprétation des mesures telluriques indique partout un enfoncement rapide du socle et grande épaisseur de sédiments. En outre, elle montre un style tectonique différent au Sud du bassin de ce qu'il est au Nord, avec des failles nombreuses.

La surface couverte par les mesures telluriques est considérable grâce à une mise en oeuvre particulière qui permet des rendements exceptionnels. En effet, lors de la première application de la méthode, les opérateurs s'étaient attachés à rechercher quelle technique de mise en oeuvre serait la meilleure. On effectua d'abord des enregistrements en croix tous les kilomètres sur des profils espacés de 1 Km., pour en tirer des ellipses caractéristiques des points de mesures. Puis la preuve fut faite qu'à Madagascar une carte des valeurs moyennes des projections avait la même valeur qu'une carte en aires d'ellipses. La méthode généralement employée ensuite consistait en mesures kilométriques de projection sur des profils espacés de 5 à 8 Km. appuyés sur quelques points en ellipses largement espacés. Dans ces conditions, les rendements étaient remarquables.

Ajoutons un résultat plus local: des mesures magnétiques faites dans le Nord du bassin apportaient des preuves supplémentaires de la présence d'intrusions importantes profondes sous la structure de Tsimiroro et la flexure de Folakara, confirmant nos hypothèses.

III—Après cette étude générale, le choix de la région la plus propice aux recherches s'imposait. Le Karoo de la région comprise entre le Mangoky et l'Onilahy fut retenu, les conditions générales y étant aussi favorables que dans le Nord du bassin, les recherches infiniment moins délicates.

a)—1948, 1949 et 1950 virent alors procéder à des travaux géologiques de détail, à des études de détail en tellurique, en électrique et en sismique enfin, sur les structures décelées par géologie et géophysique de reconnaissance, en prévision du forage.

On doit souligner l'excellente concordance entre failles vues en surface et forts gradients telluriques, qui justifie le tracé d'accidents entre des points isolés d'observation géologique et permet une bonne délimitation des compartiments. Notons également une concordance généralement satisfaisante entre les résultats fournis par la sismique et l'interprétation des mesures telluriques, malgrè, dans quelques cas, des désaccords flagrants.

b)—Rappelons que le problème envisagé par forage était l'étude des possibilités de la Sakamena surtout inférieure et du toit de la Sakoa, dans des structures généralement liées à des ondulations dans des compartiments fermés par failles.

L'appareil utilisé est un Wilson-Giant, capable de 2.500 m.

1°—Le premier forage a été implanté en Juin 1951 à Bezaha (vallée de l'Onilahy) sur une structure (point haut l'un horst) développée dans la zone d'affleurements de l'Isalo II, à une quinzaine de kilomètres du contact sédimentaire-socle, découverte par tellurique et précisée par sondages électriques et sismiques.

Le forage s'arrêta à 2.700 m. après avoir traversé l'Isalo II, sur une centaine de mètres et l'Isalo I sur près de 1.500 m. dans une série finement gréseuse pouvant correspondre à la Sakamena supérieure. Aucun indice n'a été rencontré, le but essentiel du forage, qui était l'étude de la Sakamena moyenne et inférieure, n'était pas atteint.

2°—Un second forage était alors exécuté à Saloanivo, sur un nose développé dans la Sakamena moyenne, à 20 Km. du contact sur les flancs duquel la sismique réflexion montrait d'importants biseaux. Implanté sur le flanc Ouest du nose, le forage devait s'arrêter à 2.650 m. sans être sorti de la Sakamena inférieure. De petits indices de gaz et d'huile étaient rencontrés à la partie inférieure du forage. Mais l'objectif n'était pas, cette fois encore, entièrement atteint.

On pouvait dès lors évaluer la puissance de la Sakamena à 3.000 m. ou davantage. Il était vain d'en rechercher la base avec notre appareil, au centre du bassin: nous devions nous rapprocher du socle.

3°—Leoposa est une structure faillée de la Sakamena moyenne, placée à 3 Km. à l'Ouest des affleurements cristallins. La géologie de surface conduisait à envisager une épaisseur faible de sédimentaire, cependant indéterminée, le rejet des failles étant inconnu. Mais sondages électriques et sismiques indiquaient 2.000 m. Un premier forage fut arrêté à 700 m. dans le socle. La série recoupée était presqu'entièrement gréseuse, et présentait de nombreuses et abondantes imprégnations d'huile oxydée accompagnée d'eaux douces. Un second forage, placé à quelques kilomètres à l'Ouest du premier rencontrait le socle à 800 m. et recoupait une série contenant les mêmes indices que le premier, confirmant ainsi la présence d'huile dans la Sakamena inférieure et l'excellence des magasins. Toutefois, la présence d'eaux d'origine superficielle démontrait que ce gisement était physiquement ouvert, bien que sa fermeture géométrique soit bonne.

4°—Antsokaky, situé à environ 10 Km. à l'Ouest du cristallin est une structure située dans un compartiment fermé par failles. Partant de la Sakamena moyenne, le forage atteignait le socle à 1.100 m. après avoir traversé une série gréso-pélitique très fissurée et imprég-

née d'eau douce, avec quelques indices peu importants. Ici encore, la structure était ouverte.

Aucun de ces forages n'a donc atteint les objectifs fixés et nous ignorons tout de l'évolution de la Sakamena inférieure et de la Sakao terminale, vers le large.

Toutefois, ils démontrent que:

—il existe des hydrocarbures en quantité appréciable dans la Sakamena inférieure.
—cette série comprend des magasins fréquents et à bonnes caractéristiques.
—dans la zone d'affleurement de la Sakamena moyenne, les structures ne sont pas suffisamment fermées.
—l'épaisseur des séries est très variable, ce qui confirme les idées émises sur la subsidence de compartiments abaissés.
—Sakamena moyenne et supérieure peuvent être bonne couverture.

Tout cela confirme qu'il faut forer le plus à l'Ouest possible sur la Sakamena supérieure. Malheureusement, nos recherches dans cette direction sont limitées à la barrière infranchissable de l'Isalo. Nous avons vu par ailleurs que les régions situées à l'Ouest du massif isalien offrent des problèmes trop profonds pour la capacité de notre appareil.

Une seule structure répond à la question pour l'instant, c'est celle d'Ambalabe, où les épaisseurs prévisibles sont de l'ordre de 1.500 à 2.000 m., qui est bien placée par rapport à la partie profonde du bassin, et sur laquelle existent des indices vifs. Le forage y sera exécuté en 1955.

IV—Toutefois deux problèmes subsistaient.

1°—Le problème du Karoo sous sa couverture peu épaisse des séries supérieures à dominance marine, pouvait se révéler intéressant vers l'Ouest, ou le Nord Ouest, puisque l'on doit y envisager l'évolution de ses faciès continentaux vers des faciès marins plus favorables, parallèlement à une diminution considérable de son épaisseur. En outre, on pouvait penser à une remontée du socle dans la même région pour des raisons énumérées plus haut, remontée susceptible de mettre ces couches à notre portée, en y offrant des pièges intéressants.

2°—Le problème des séries supérieures, vers la côte, était à considérer.

Or, jusqu'ici, nos reconnaissances avaient concerné uniquement la

zone d'affleurement du Karoo. Il était donc tout d'abord indispensable d'étendre la reconnaissance à l'intégralité du bassin.

Cette opération débuta en 1954, avec les buts suivants:

—Reconnaissance générale par géophysique pour obtenir une image de la forme du substratum et des renseignements sur l'épaisseur de la couverture sédimentaire.

—Etudes géologiques des séries supérieures post-Isalo (stratigraphie et tectonique).

—Forage stratigraphique dans le but de reconnaître l'évolution des séries vers l'Ouest.

a)—Les méthodes choisies pour la reconnaissance géophysique ont été:

1°—*Le magnétisme aéroporté,* par une couverture de la moitié Sud du bassin grâce à un réseau de profils espacés de 2 Km. et de la moitié Nord par 5 bandes de profils Est-Ouest distants d'une centaine de kilomètres, le tout relié par des profils Nord-Sud. L'ensemble a correspondu à 4 mois d'activité pour 42.000 Km. de profils environ. Les résultats montrent une très forte épaisseur de sédiments dans la partie centrale du bassin correspondant à l'affleurement du Karoo. Une remontée du socle est possible à l'Ouest dont la certitude n'a pu être atteinte en raison des anomalies considérables créées par la présence des coulées basaltiques.

2°—*La gravimétrie* dont le programme d'exécution sur la zone Sud a dû être échelonné sur deux ans, et pour laquelle seule la zone comprise entre Onilahy et Mangoky a été couverte en 1954, avec 7.521 mesures (1 mesure pour 5 Km.^{2}). La carte d'anomalie de Bouguer montre à l'Est un gradient élevé marquant le bord du bassin et qui traduit, sans doute, une faille à fort rejet. Plus à l'Ouest la zone d'affleurement de l'Isalo correspond à un ensemble de basses valeurs qui peut s'interprêter comme une fosse remplie de sédiments légers (grès). Cette fosse est divisée en 2 parties par une anomalie lourde qui pourrait indiquer un horst. Au delà encore, les valeurs remontent vers la côte, plus ou moins régulièrement, avec de nombreuses anomalies lourdes, dont certaines alignées dans le sens Nord-Sud, les autres variables et sans alignement net. La carte est donc très différenciée, mais ne fournit jusqu'ici aucune indication évidente de remontée du socle dans la région Sikily-Analavelona.

3°—*Les sondages électriques*, sondages en lignes de 20 à 30.000 m. exécutés suivant un profil Est-Ouest, montrent une grande épaisseur de sédiments, mais feront l'objet d'une réinterprétation à partir des résultats fournis pas les forages.

4°—*La sismique réflexion* a mis en évidence une importante discordance et une remontée des couches vers le bord Ouest de la fosse axiale du Karoo. C'est là un indice important de la remontée du socle espérée dans cette zone, qui justifiera le forage.

b)—La géologie de terrain avait pour objectif l'étude détaillée des séries jurassiques, crétacées et tertiaires, en même temps que celle de la zone surélevée de l'Analavelona.

Elle n'a pu mettre en évidence la possibilité des hauts fonds vers l'Ouest, ni au Jurassique, ni au Crétacé. Quant à l'immense structure de l'Analavelona, il semble qu'elle ait eu un moteur éruptif, et les structures secondaires que l'on y a relevées semblent de peu d'intérêt pétrolier.

c)—Un forage stratigraphique, enfin, était implanté dans la basse vallée du Sikily, près de son confluent avec le Mangoky.

Placé sur la marge Nord de l'aire de surélévation de l'Analavelona, il avait pour but l'étude des faciès du Jurassique et, éventuellement, au cas où une remontée du socle les aurait mis à la portée, de ceux de l'Isalo et de la Sakamena.

Son résultat essentiel a été de révéler l'existence, sous les calcaires du Jurassique supérieur, d'une série à dominance argileuse, correspondant au Jurassique supérieur et peut être moyen, au moins en partie, épaisse de plus de 2.000 m., très différente de celle connue à l'affleurement à faible distance vers l'Est.

On y a rencontré divers indices de gaz et des traces d'huile qui joints à la nature des faciès, valorisent le Jurassique moyen.

Les conceptions initiales ont donc évolué. De nouvelles zones d'intérêt se sont révelées à l'Ouest de la fosse du Karoo, tandis que les séries marines du Jurassique et du Crétacé attiraient l'attention.

Le programme des travaux de 1956 consistera donc essentiellement, avec la continuation des études géologiques vers le Nord, en géophysique (sismique et gravimétrie), tandis que les forages stratigraphiques supplémentaires seront effectués.

Cet historique peut être résumé ainsi qu'il suit:

de 1930 à 1946 : étude du Karoo au Nord du bassin

de 1946 à 1948 : reconnaissance générale du Karoo dans l'ensemble du bassin

de 1948 à 1953 : étude détaillée du Karoo de la partie Sud du bassin (géologie, géophysique, forage)

à partir de 1954 : reconnaissance générale des séries post Karoo, au Sud du bassin, avec pour objectifs, l'étude du Karoo sous sa couverture, s'il est accessible, et celle des séries supérieures à dominance marine.

Les chiffres ci-dessous permettront d'apprécier l'effort de recherche qui a été accompli jusqu'en fin 1955.

Géologie de terrain		:	320 mois/équipe environ
Tellurique		:	60 mois/équipe
Sondages électriques		:	22 mois/équipe
Magnétisme à terre		:	16 mois/équipe
Magnétisme aéroporté		:	4 mois/équipe
Gravimétrie		:	25 mois/équipe
Sismique		:	40 mois/équipe
Core drill (Bemolanga)		:	1.948 m.
Forage	Nord du bassin	:	3.926 m.
	Sud du bassin	:	12.946 m.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

MAROC

GISEMENTS DE PÉTROLE DU MAROC

Par J. M. Lardenois, R. G. Levy
et C. J. Ramette [1]

RESUMÉ

Bien que la production de pétrole du Maroc demeure encore modeste (production cumulée au 1.1.1956 = 615 000 t et production annuelle de l'ordre de 100 000 t), la variété des types de gisements qu'on y rencontre confère beaucoup d'intérêt à cette région.

Localisés dans le Bassin du Rharb, unité constituant la liaison entre le domaine africain de l'Atlas et le domaine sub-européen du Rif, les gisements sont liés soit aux formations secondaires et paléozoïques constituant le substratum de cette zone géologiquement compliquée, soit aux formations miocènes de sa couverture.

Les accumulations d'hydrocarbures jusqu'alors découvertes sont associées soit à des lentilles sableuses miocènes (Aïn Hamra, gaz d'El Menzeh), soit aux structures anticlinales faillées (Tselfat, Bou Draa) appartenant au Bassin secondaire dit des Rides prérifaines, soit aux formations métamorphiques et granitiques fissurées de la bordure du socle au contact de la marge externe de ce Bassin (Zrar, Bled Khatara, Bled Eddoum et Sidi Fili inférieurs, Mers el Kharez, Bled Defaa, Bâton, Tisserand, oued Mellah), soit aux biseaux tronqués par le Miocène de la bordure localement chevauchante du Bassin secondaire lui-même (Zrar, Bled Khatara, Bled Eddoum et Sidi Fili supérieurs).

INTRODUCTION

Les gisements de pétrole marocains ont fait déjà l'objet de nombreuses publications. En particulier, une étude assez complète en a été donnée dans la brochure "Géologie des gîtes minéraux marocains" publiée à l'occasion de la 19ème session du Congrès Géologique International, Alger, 1952. [2]

Bien que quelques autres gisements aient été découverts depuis cette publication, les faits géologiques nouveaux qu'ils apportent sont

[1] Géologues à la Société Chérifienne des Pétroles.
[2] Voir la liste bibliographique, p. 211.

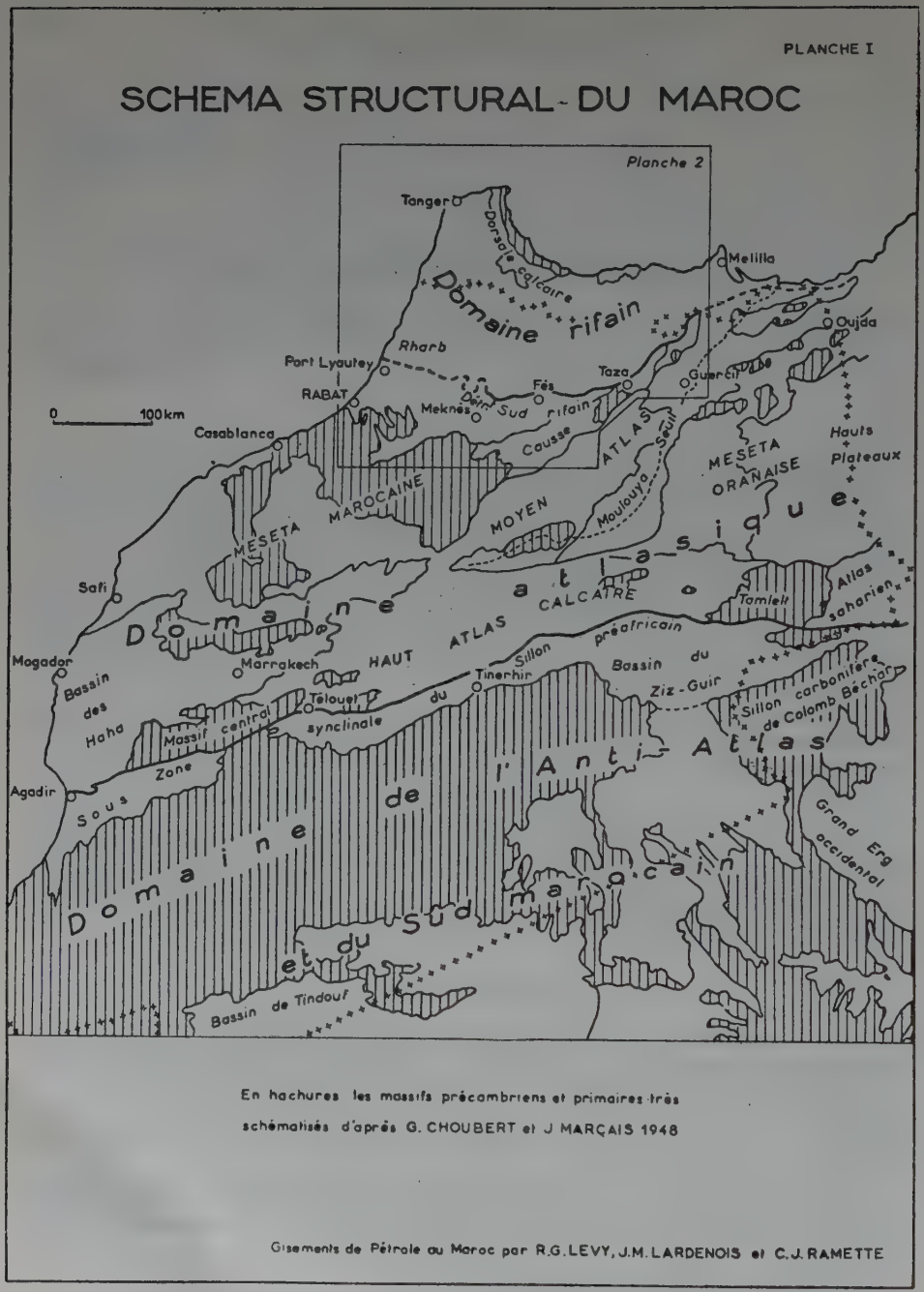


Planche I.—Schéma structural du Maroc.

suffisamment peu nombreux pour que nous considérions la présente étude comme un résumé et une simple mise à jour de ce document de base.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES RÉGIONS PÉTROLIFÈRES

Aperçu géologique général

Un schéma structural devenu classique permet de diviser le Maroc en trois zones (voir planche I):

le domaine de l'Anti-Atlas au Sud,
le domaine atlasique au centre,
le domaine rifain au Nord.

Le premier, plus spécifiquement africain, doit les traits essentiels de sa structure à la dernière orogénie précambrienne. Il est resté pratiquement émergé depuis la fin du Primaire. L'orogénèse alpine l'a soulevé en un gigantesque pli de fond.

Le second, au substratum essentiellement primaire, a vu sa structure fixée par les plissements hercyniens. Sa couverture secondaire, le plus souvent épicontinentale, a été plus ou moins affectée suivant les zones (Moyen et Haut Atlas) par les phases orogéniques tertiaires.

Le troisième est à rattacher au domaine de la Méditerranée occidentale et, par là, à la zone plus vaste du domaine proprement alpin.

La limite méridionale de ce domaine rifain paraît correspondre au front de la Nappe prérifaine dont la position, nettement visible en surface dans la portion Est, a été déterminée par forages et géophysique entre la région de Petitjean et l'Océan.

Chacun de ces différents domaines recèle un certain nombre d'unités sédimentaires susceptibles d'offrir des possibilités pétrolières (voir tableau I). Leur prospection est loin d'être également réalisée et, seul, le Bassin du Rharb et du Prérif, élément appartenant au domaine rifain, a fait l'objet de recherches poussées. C'est la seule zone productive actuellement reconnue et quinze gisements d'huile, deux gisements de gaz y sont exploités.

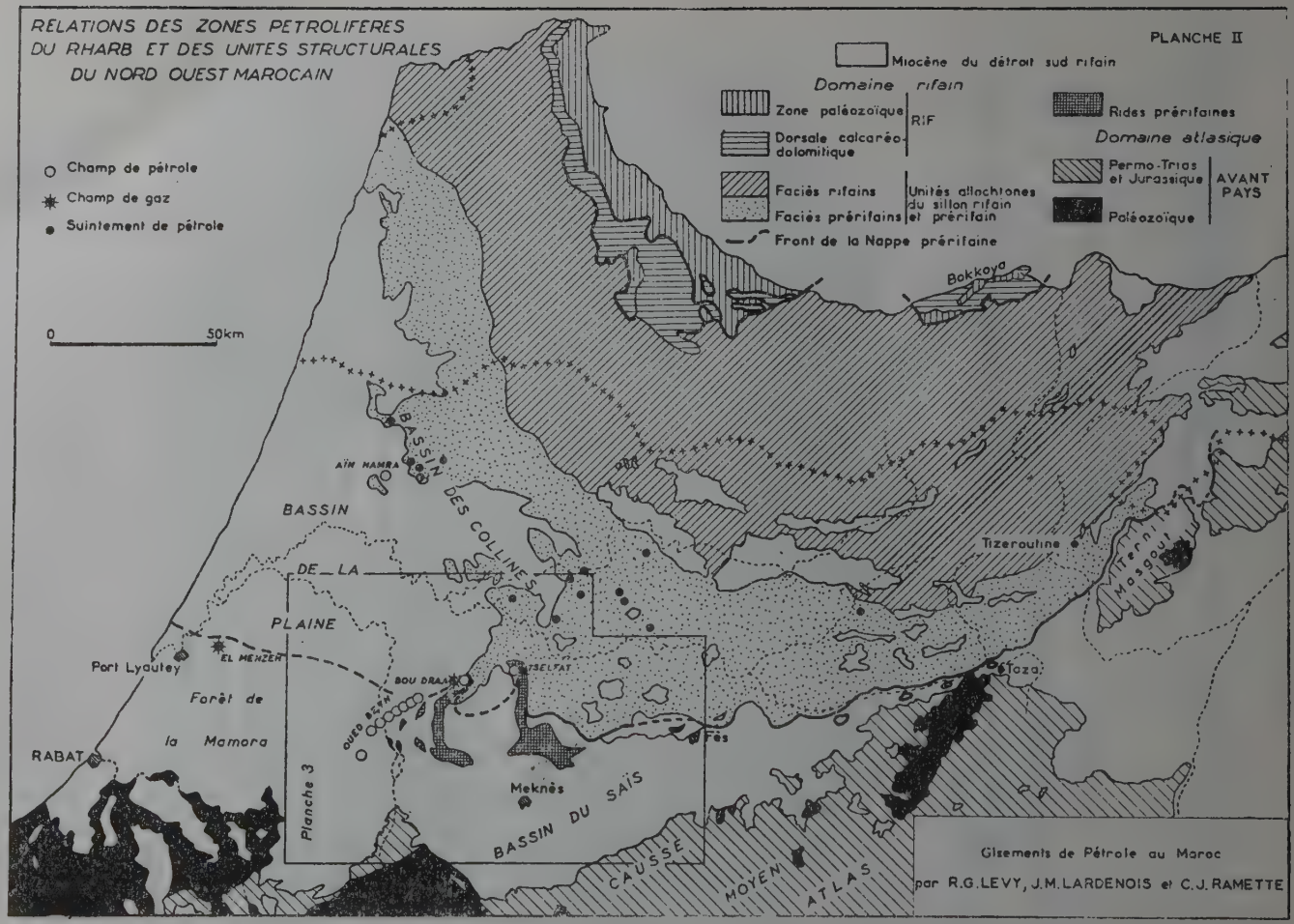


Planche II.—Relation des zones pétrolifères et des unités structurales du NW marocain.

TABLEAU I

CARACTERES DES UNITES SEDIMENTAIRES

	BASSIN TRIASIQUE ET JURASSIQUE	BASSIN CRETACE-NUMMULITIQUE AUTOCHTONE	COMPLEXE DE LA NAPPE PRERIFAINE	BASSIN MIOCENE
Superficie (à l'intérieur du domaine minier)	Superficie prouvée pour les seules formations jurassiques: 2 000 km² Superficie possible inconnue (limites N et E non atteintes)		8 500 km²	9 500 km²
Epaisseur maximum reconnue	2 800 m jusqu'au toit des faciès lagunaires de l'Infralias et du Trias dont la puissance peut dépasser 2 000 m	140 m (région de Port-Lyautey) 380 m (flanc du Dahar en Nsour)	3 400 m (forage MB 1). Moins de 1 000 m dans la portion méridionale de notre domaine	2 400 m en un point du centre de la plaine du Rharb (MK 1)
Nature du substratum (dans la zone où il a été atteint)	Schistes et quartzites du Paléozoïque Granite } Régions méridionales et occidentale	Schistes et quartzites du Paléozoïque (région de Port-Lyautey) Jurassique ou Permo-Trias (flanc du Dahar en Nsour)	Marnes mollassiques du Miocène inférieur constituant la couverture du Bassin secondaire, de l'avant-pays paléozoïque et du Bassin crétacé-nummulitique autochtone	Pour le Miocène inférieur: formations variées allant du granite au Paléocène Pour le Miocène supérieur: Miocène inférieur dans la zone Sud, complexe de la Nappe prérifaine au Nord
Faciès principaux	—lagunaire au Trias et partie de l'Infralias —calcaire au Lias moyen et inférieur, avec passage aux faciès détritiques en bordure du Bassin. —marneux au Toarcien dans la zone Nord, marneux et détritiques (influences continentales) dans la zone Sud —marneux à l'Aalénien dans la zone Nord, gréseux et détritique dans la zone Sud —marneux et calcaire au Dogger inférieur dans la zone Nord, gréseux et détritique dans la zone Sud —gréseux au Dogger supérieur	—marneux et calcaire, souvent phosphaté dans les deux zones —existence d'une brèche de base	—marneux (en ce qui concerne le Miocène inférieur, l'Eocène et surtout le Crétacé) —flysch (marno-gréseux) à l'Oligocène —sel permo-triasique dont l'épaisseur peut être très importante (près de 3 000 à MB 1)	—marneux, comportant: 1°—des niveaux gréso-sableux, des mollasses, des calcaires gréseux à la base de la série (Burdigalien ou termes plus jeunes dans les zones transgressives) 2°—des sables lenticulaires capricieusement répartis dans l'ensemble de la série —sableux à la fin du cycle sédimentaire (faciès sahélien)
Magasins reconnus (ayant donné lieu à productien ou indices)	—Granite (productif dans les gisements de Bled Khatara inférieur et du Zrar inférieur) —Schistes paléozoïques (productifs dans les gisements de l'Oued Beth, de Mers-el-Kharez, de Sidi Fili inférieur, de Bled Khatara inférieur) —Dolomies, brèches dolomitiques du Trias (1 sonde à Mers-el-Kharez) —Anhydrite de l'Infralias II (nombreux indices, petite production au Tselfat) —Grès de l'Infralias II (Bled Eddoum supérieur) —Grès de l'Infralias I (Sidi Fili supérieur, Bled Eddoum supérieur, Bled Khatara supérieur). —Grès et calcaires des couches d'El Kansera, du Pliensbachien-Lotharingien (Sidi Fili supérieur, Bled Eddoum supérieur, Bled Khatara supérieur) —Grès de la base du Domérien (Zrar supérieur) — Calcaires oolithiques du Domérien moyen (Tselfat, Bou Draa) —Calcaires très finement gréseux du Domérien supérieur (Tselfat, Bou Draa) —Formations liées au "calcaire repère du Toarcien" (Tselfat, Bou Draa) —Calcaires gréseux de l'Aalénien-Bajocien (production locale au Bou Draa) —Grès et calcaires gréseux du Bajocien inférieur (gisements de gaz du Bou Draa) —Calcaires oolithiques du Bajocien supérieur (indices au Dahar en Nsour) —Grès du Jurassique supérieur indéterminé (indices de gaz à Gueddara)		—Grès oligocènes (indices et faible production à l'Aïn-Hamra) —Calcaires et marnes fissurés de l'Eocène (indices fréquents, très faible production à Sidi Moussa) —Grès du Crétacé (indices de gaz à Moghrane) —Diaclases du complexe salière et des marnes crétacées (indices fréquents) NB.—La présence d'hydrocarbure dans ces deux derniers types de réservoirs relève beaucoup plus, semble-t-il, de la dispersion d'indices au voisinage de violents accidents tectoniques que d'une migration effective vers des horizons déterminés	—Sables et marnes sableuses lenticulaires du Miocène supérieur, transgressif sur la Nappe prérifaine (Aïn Hamra) —Sables lenticulaires du Miocène inférieur (gisement de gaz d'El Menzeh) —Grès mollassiques et calcaires gréseux du Miocène de base (indices et même petite production au gisement de l'Oued Beth, indices au Tselfat Nord et au Dahar en Nsour)

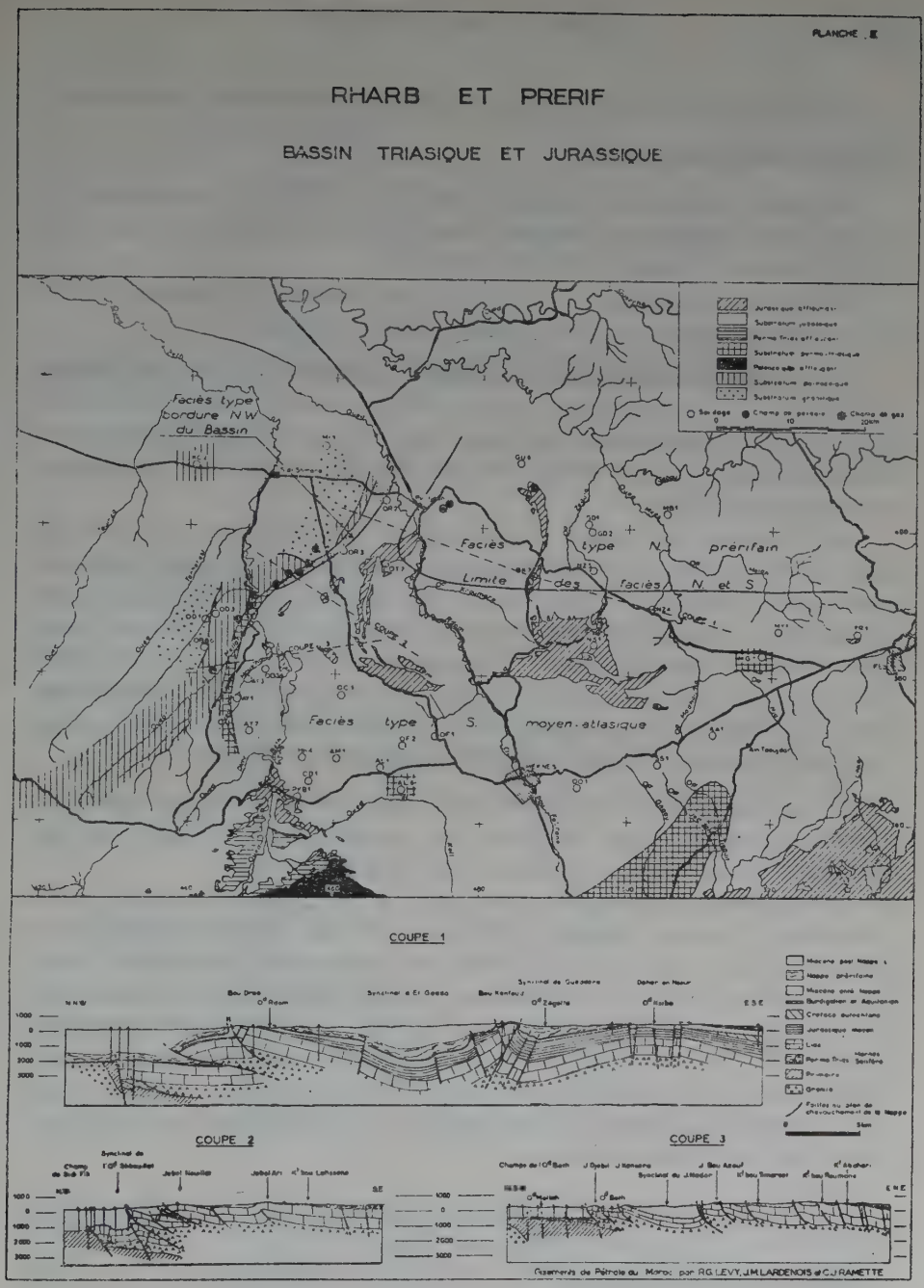


Planche III.—Bassin triasique et jurassique.

STRATIGRAPHIE ET STRUCTURE DU BASSIN DU RHARB ET DU PRERIF

Aperçu géologique général

Ce vaste bassin tire essentiellement son unité de l'importance du remplissage néogène qui masque la zone de contact du domaine rifain et du domaine atlasique (voir planche II).

Les travaux exécutés permettent d'y reconnaître 4 [3] ensembles dont les caractéristiques sont schématisées dans le tableau I:

1° un bassin triasique et jurassique [4] situé en bordure de la Meseta hercynienne et en continuité avec le Moyen Atlas. Sa portion visible dans la région pétrolifère est la zone où il est violemment plissé et où il apparaît sous forme de guirlandes de plis: les Rides prérifaines (voir planche III).

Les forages ont montré que ce bassin s'étendait sous les terrains plus récents du Rharb et ont permis de préciser en plusieurs points la position de son bord NW auquel sont liés tous les gisements récemment découverts. Il comprend des terrains allant du Permo-Trias au Jurassique moyen (base du Malm ?, Dogger certain). On peut y distinguer trois faciès correspondant à trois zones de sédimentation (voir tableau II): le faciès Nord (type prérifain), le faciès Sud (type moyen atlasique) et le faciès détritique de la bordure NW du bassin.

2° un bassin crétacé-nummulitique dont l'érosion anté-miocène n'a laissé subsister que des fragments ne permettant d'esquisser que très difficilement sa forme originelle (voir planche IV).

Un premier fragment de cette unité a été conservé dans la partie orientale de la zone étudiée à l'E et au NE de la ride prérifaine du Dhar en Nsour. Des terrains allant du Cénomanien inférieur (transgressif sur le Dogger) au Paléocène (sous la discordance miocène) ont été reconnus à l'affleurement et par forage. Un deuxième fragment a été mis en évidence sous le Miocène par les sondages exécutés dans la région à l'E et au NE de Port-Lyautey. Les terrains vont également du Cénomanien inférieur (transgressif sur le Paléozoïque) au Paléocène (sous la discordance miocène).

[3] Les travaux antérieurs ne mentionnaient que trois unités mais les derniers résultats des travaux récents permettent de scinder le bassin secondaire en un bassin triasique et jurassique et en un bassin crétacé-nummulitique.

[4] Cette unité est également désignée sous le nom de Bassin secondaire ou de Bassin secondaire des Rides prérifaines.

TABLEAU II

PRINCIPAUX FACIES DU BASSIN TRIASIQUE ET JURASSIQUE

ETAGE	TYPE NORD PRERIFAIN		TYPE BORDURE NORD OUEST DU BASSIN		TYPE SUD MOYEN ATLASIQUE	
	Discordance Miocène					
DOGGER (peut être également Malm inférieur)	Grès blancs assez fins avec quelques niveaux de marnes gris-vert.	250 m				
	Marnes brunes ou verdâtres avec quelques niveaux de grès gris fins glauconieux.	50 m				
	Grès gris-vert à ciment calcaire et marneux, quelques niveaux de calcaires gréseux et de marnes brunes ou vertes.	150 m				
	Marnes brunes et vertes passant par place à des marno-calcaires, quelques bancs de grès verts.	100 m				
	Calcaires oolithiques et calcaires fins, en gros bancs, interstratifiés avec des marnes vertes et quelques bancs d'anhydrite.	250 m				
AALENIEN-BAJOCIEN non différencié	Série puisante de marnes gris foncé passant à des marno-calcaires encore très marneux à la base.	700 m				
TOARCIEN SUPÉRIEUR	Marnes gris foncé à brunes.	200 m	Discordance Miocène		Discordance Miocène	
CALCAIRE REPÈRE du TOARCIEN	Calcaire fin blanc à très petites oolithes.	5-10 m	Marnes rouges gréseuses et micacées et grès arkosiques grossiers, blancs, rouges ou roses, à faciès subcontinental.	130 m	Marnes rouges gréseuses et micacées et grès arkosiques grossiers, blancs, rouges ou roses, à faciès subcontinental.	200 m
TOARCIEN INFÉRIEUR	Marnes gris foncé à brunes.	110 m	Marnes gris-vert et brunes.	180 m	Marnes gris foncé et brunes.	50 m
			Calcaires dolomitiques et gréseux à grands Lamellibranches, arkoses marnes brunes et vert foncé.	70 m	Dolomies gréseuses brunes, grès grossiers gris, marnes grises et brunes ligniteuses.	70 m
			Marnes gris-vert.	60 m	Marnes grises et brunes, quelques bancs de calcaires gréseux.	100 m
DOMÉRIEN SUPÉRIEUR	Alternance de marnes et de marno-calcaires gris foncé légèrement gréseux.	200 m	Calcaires beiges, marneux, détritiques finement gréseux, marnes vertes et rouges plus ou moins grèseuses.	30 m	Alternance de calcaires gris marneux très finement gréseux et de marnes gris foncé à brunes.	120 m
DOMÉRIEN MOYEN — Moulay Yacoub supérieur	Alternance de calcaires marneux gris foncé, à Spicules, et de marnes gris foncé.	150 m	Grès dolomitiques et calcaires marneux à grands Lamellibranches. Intercalations de marnes vert-foncé.	120 m	Calcaires beiges dolomitiques, parfois oolithiques, à grands Lamellibranches. Intercalations de marnes vertes.	170 m
DOMÉRIEN MOYEN — Moulay Yacoub inférieur	Calcaires marneux gris foncé, très fins, à Spicules.	80 m	Alternance de marnes vert foncé et de calcaire gris à beige marneux plus ou moins gréseux.	120 m	Alternance de calcaires beiges et gris clair dolomitiques, à oolithes, fausses oolithes, plages d'anhydrite et de marnes vertes.	150 m
DOMÉRIEN INFÉRIEUR	Série très monotone de calcaires beiges marneux et dolomitiques, parfois détritiques et oolithiques, avec assez fréquemment des niveaux à Polypiers. Faciès oolithique assez constant au toit et à la base de la série.	300 m	Alternance de marnes brunes et rouges gréseux et micacées.	200 m	Calcaires gris et beiges oolithiques et graveleux à ciment cristallin avec intercalations de marnes dures verdâtres.	120 m
LOTHARINGIEN-PLIENSBACHIEN — El Kansera supérieur			Marno-calcaires beiges alternant avec des marnes brunes et rouges gréseuses et micacées, quelques bancs de grès au toit de la série.	60 m	Calcaires beiges marneux, très fins, plus ou moins dolomitiques, rares délits marneux.	70 m
LOTHARINGIEN-PLIENSBACHIEN — El Kansera inférieur			20 m de calcaire gris à beige dolomitique. 60 m de grès arkosiques grossiers	80 m	Calcaires blancs à beige clair dolomitiques. A la base dolomie à oolithes recristallisées.	160 m
INFRALIAS — Infralias I			Grès grossiers conglomératiques avec quelques niveaux de marnes rouges gréseuses.	80 m	Dolomies cryptocristallines légèrement marneuses, beige clair à brun foncé, nombreuses intercalations de marnes vertes et brunes.	30 m
INFRALIAS — Infralias II	Alternance de bancs de dolomies et d'anhydrite.	200 m	Conglomérats à gros éléments de paléozoïque et de granite.	70 m		30 m
Epaisseur totale jusqu'au Permo-Trias		2,750 m		1 200 m		1 270 m
PERMO-TRIAS	Plus de 2 000 m de sel. Les termes inférieurs du Permo-Trias et le Socle paléozoïque n'ont jamais été atteints.	plus de 2 000 m	120 m de marnes rouges à anhydrite. 25 m de basalte. 5 m de brèche.	150 m	750 m de sel ou 100 m de marnes rouges 90 m de basalte 100 m de basalte 110 m de sel 50 m de marnes rouges 20 m de marnes rouges	970 m ou 250 m
SOCLE PALÉOZOÏQUE			Schistes et quartzites légèrement métamorphiques, violemment plissés et fracturés.		Marnes sombres, gréseuses et micacées.	

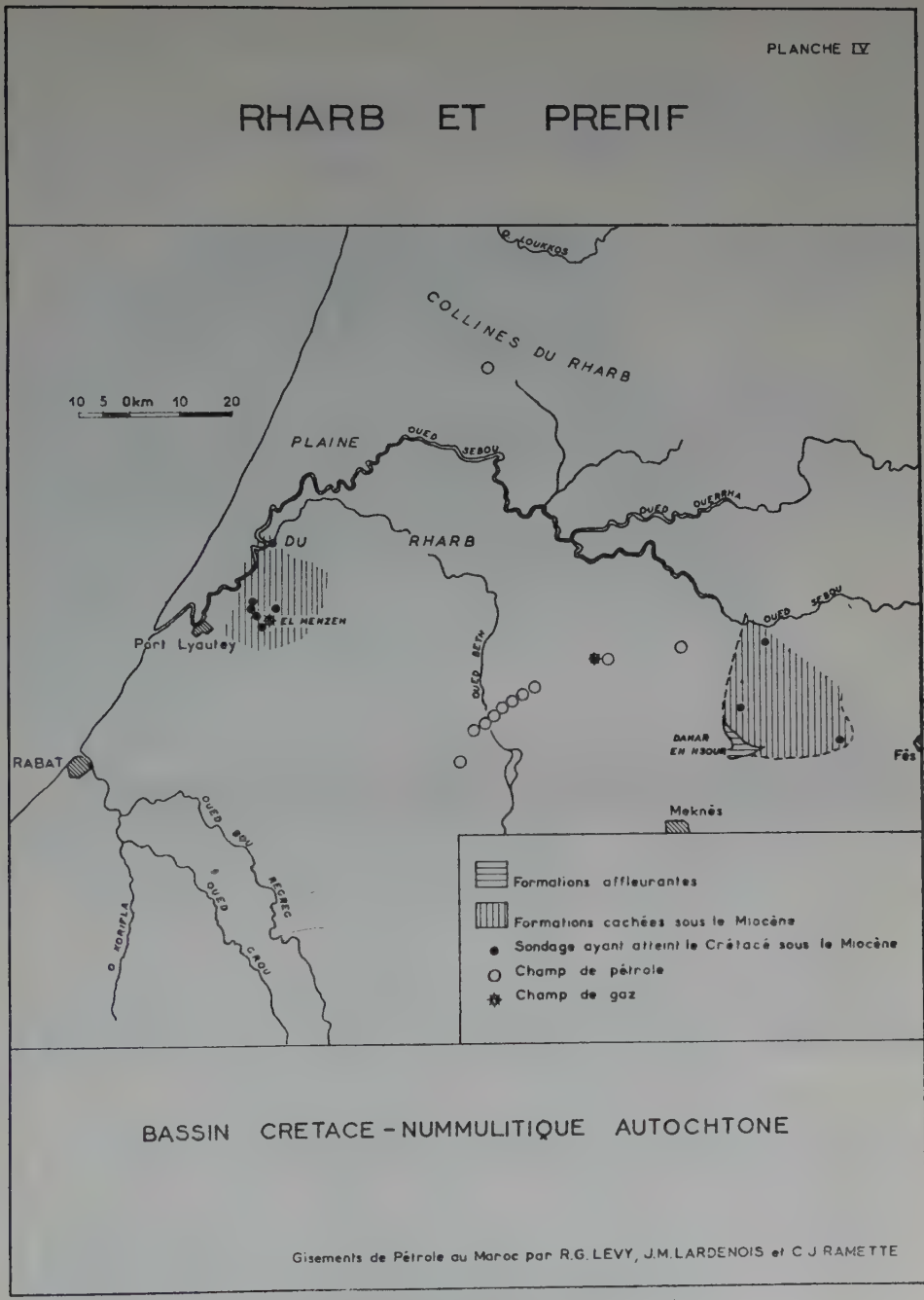


Planche IV.—Bassin crétacé-nummulitique autochtone.

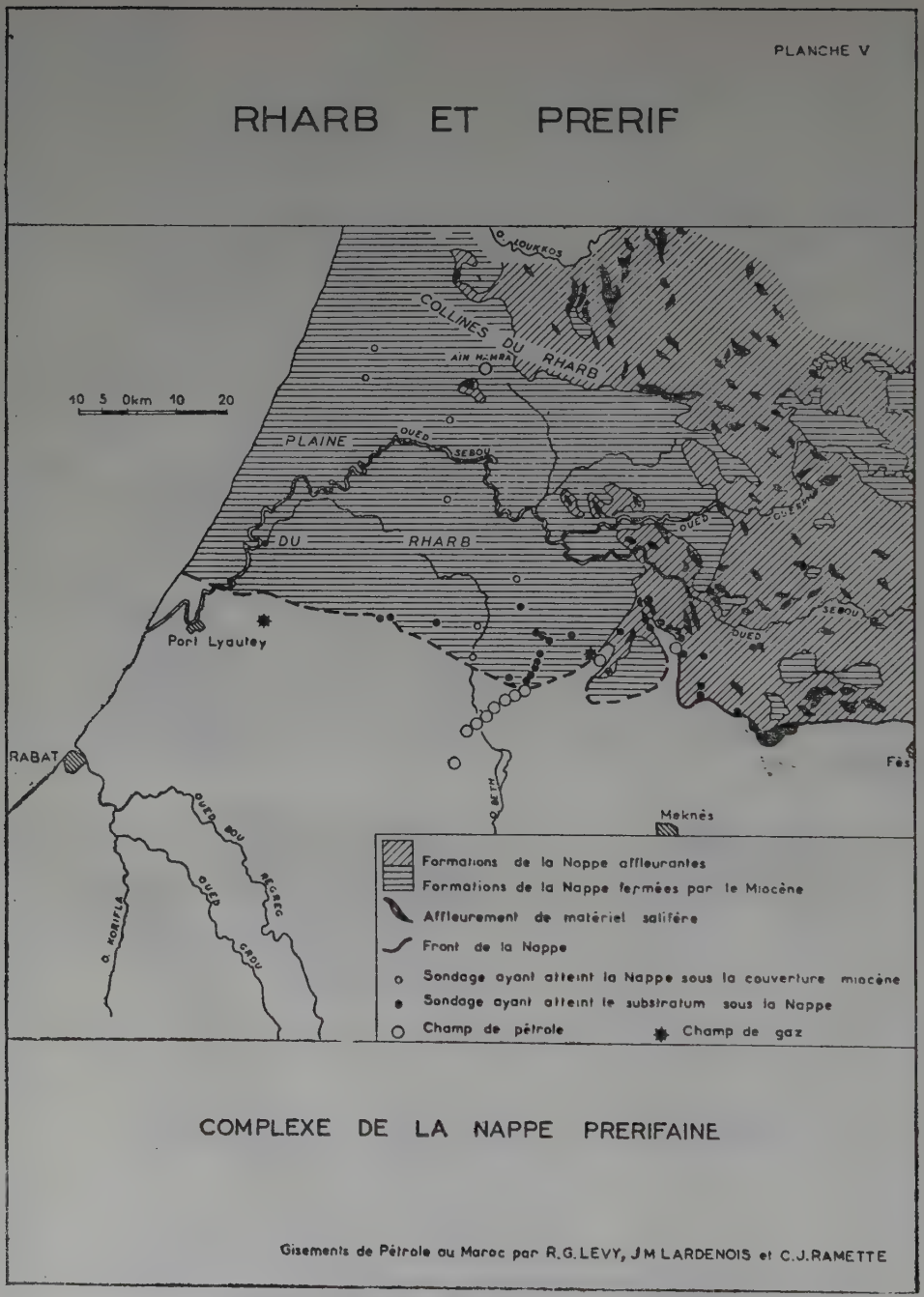


Planche V.—Complexe de la Nappe prérifaine.

3° une unité complexe, la Nappe prérifaine, qui représente l'évolution tectonique finale des sédiments des parties les plus septentrionales des Bassins triasique-jurassique et crétacé-nummulitique (voir planche V).

La nature extrêmement plastique d'une grande partie de ces sédiments (sel du Trias, marnes du Sénonien) a favorisé l'écoulement de ce complexe fluide sur son avant-pays méridional rigide et a permis sa mise en place au cours du Miocène.

4° un bassin miocène, vestige du Détroit miocène subrifain, couvre la Nappe prérifaine et la bordure N du Moyen Atlas et de la Meseta (voir planche VI). On peut y distinguer le Vindobonien inférieur, dont une partie s'est déposée avant la mise en place de la Nappe prérifaine, et le Vindobonien supérieur qui, parfois transgressif sur la Nappe, est dans la partie méridionale du Rharb en continuité apparente avec le Vindobonien inférieur.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DES GISEMENTS DE GAZ ET D'HUILE DU BASSIN DU RHARB

Les gisements rencontrés jusqu'à présent dans la région du Rharb et du Prérif se répartissent de la façon suivante:

—*Gisements d'huile dans des minces niveaux sableux du Miocène supérieur au-dessus de la Nappe prérifaine.* Une seule accumulation, de faible importance économique (Aïn Hamra), a été découverte au voisinage d'indices superficiels liés aux terrains fortement tectonisés de la Nappe prérifaine.

Les hydrocarbures se sont vraisemblablement mis en place à la suite de migrations très lointaines le long des innombrables surfaces de décollement de la Nappe prérifaine, auxquelles correspondent parfois dans la couverture miocène des injections de matériel salifère.

Ce type de piège échappe pour le moment à toute méthode rationnelle d'investigation géologique ou géophysique. Il n'est pas exclu que les réservoirs sableux qui apparaissent ainsi dans les marnes miocènes soient liés à des conditions sédimentaires déterminées par l'évolution diapirique, au sein de la mer miocène, de masses salifères appartenant à la Nappe prérifaine. Il est possible que de semblables accumulations puissent correspondre à des gisements plus importants.

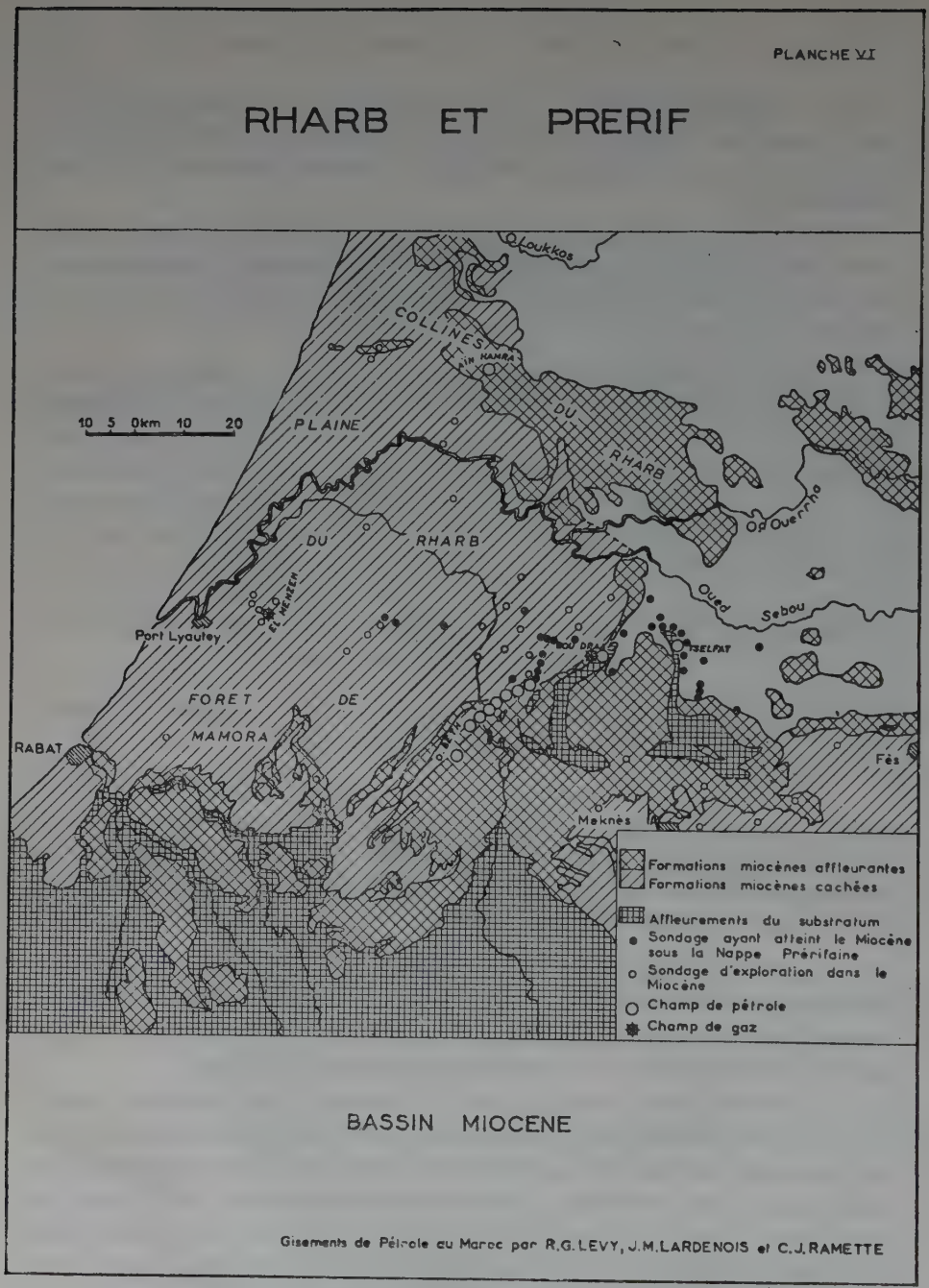
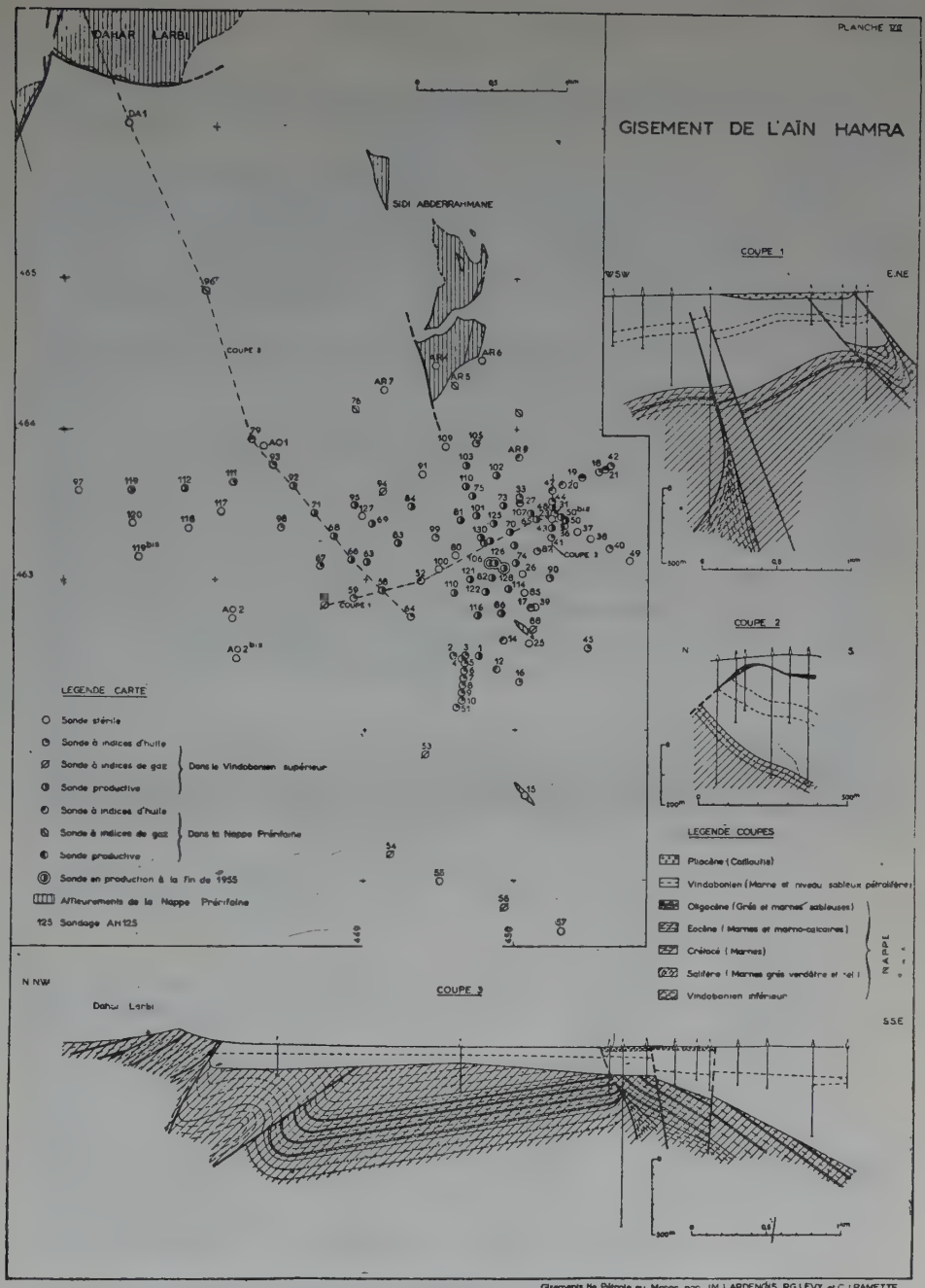


Planche VI.—Bassin miocène.



Gisements de Pétrole au Maroc par J.M. LARDENOIS, R.G. LEVY et C.J. RAMSETTE.

Planche VII.—Gisement de l'Aïn Hamra.

Le tableau III résume les caractéristiques du gisement de l'Aïn Hamra dont les conditions tectoniques sont indiquées par la planche VII.

—*Gisements de gaz dans des niveaux sableux lenticulaires du Miocène inférieur* (dépôt antérieur à la mise en place de la Nappe prérifaine). La répartition capricieuse de ces réservoirs échappe, pour l'instant, à toute prévision. Jusqu'à maintenant, un seul petit gisement de ce type a été découvert dans la région d'El Menzeh (à l'E de Port-Lyautey).

—*Gisements d'huile et de gaz dans les réservoirs du Dogger et du Lias dont les conditions d'accumulation sont en relation avec la tectonique des Rides prérifaines* (structures sub-autochtones visibles en surface). Les deux gisements appartenant à ce type, Tselfat et Bou Draa, ont été les premières découvertes de quelque importance économique au Maroc. Les conditions tectoniques sont assez complexes et les structures de dimensions réduites. Les réservoirs de ces deux gisements sont, d'une part, le calcaire repère du Toarcien (banc de calcaire fin d'une puissance de 3 m., interstratifié dans une série marneuse de 400 m. de puissance) et, d'autre part, le Domérien massif (puissante série calcaire comprenant en fait le Domérien inférieur, le Pliensbachien et l'Infralias [5] pro-parte).

Signalons que, dans une unité tectonique profonde liée à la structure du Bou Draa, un petit gisement de gaz a été mis en évidence dans des calcaires subrécifaux gréseux dont l'âge, Dogger ou Lias supérieur, n'est pas connu avec précision.

Le tableau IV donne les caractéristiques des gisements du Tselfat et du Bou Draa. Les planches VIII et IX précisent la structure et la stratigraphie du Bou Draa.

—*Gisements d'huile liés à des points particuliers de la marge externe du Bassin triasique et jurassique* (ou Bassin secondaire des Rides prérifaines).

La limite occidentale du vaste bassin secondaire auquel appartiennent à la fois les Rides prérifaines et le Moyen Atlas constitue, sous le recouvrement du Miocène de la plaine du Rharb, une zone privilégiée dans laquelle a été trouvée, jusqu'à présent, la quasi-totalité de la production marocaine. Cette limite, qui suit d'assez près l'arc le plus externe des Rides prérifaines, est tectonique. Il s'agit d'une zone

[5] Les géologues pétroliers du Maroc, désignent sous le nom d'Infralias une série non datée comprise entre le Lotharingien et le Trias.

Tableau III

GISEMENTS DANS DES SABLES LENTICULAIRES MIOCENES AU-DESSUS DE LA NAPPE PRERIFAINE

AIN HAMRA (AH)	
Forme structurale	Monoclinaux compartimentés par des failles injectées de matériel salifère.
Niveaux productifs	Miocène (Vindobonien supérieur): sables et marnes sableuses. Profondeur: 120 à 300 m. Bancs lenticulaires minces. Porosité souvent supérieure à 30%. Perméabilité faible. Epaisseur totale des sables: 1 à 20 m. A signaler l'existence, sous la discordance de la base du Vindobonien supérieur, d'indices et de petites productions dans les niveaux gréseux de l'Oligocène, appartenant au complexe de la Nappe prérifaine (pas de production commerciale jusqu'à présent).
Superficie productive (en ha)	Vindobonien supérieur: 120.
Sondes d'exploitation forées	119
Sondes ayant produit, au total plus de 50 t	Vindobonien supérieur: 21.
Quantités extraites (au 31-12 1955)	12 085 t
Réserves	Pratiquement, fin de la production des anciennes sondes. Le forage, en 1950, de sondes intermédiaires ("spacing" primitif de l'ordre de 200 m) a montré l'existence de nouvelles lentilles donnant des productions nouvelles comparables aux productions primitives.

TABLEAU IV

GISEMENTS DANS LE LIAS EN RELATION AVEC LA TECTONIQUE DES RIDES PRERIFAINES

	TSELFAT (TS)	BOU DRAA (BD)
Forme structurale	Anticlinal exigu, à double déversement ("en champignon"), intensément disloqué.	Anticlinal faillé, étroit, compartimenté par de nombreuses failles et chevauchant largement la Plaine du Rharb.
Niveaux productifs	Toarcien: calcaires diaclasés. Profondeur: 60 à 120 m. Allure lenticulaire. Porosité irrégulière. Puissance: 3 à 8 m. Sommet du Domérien massif: calcaires spathiques diaclasés. Profondeur: 300 m. Porosité irrégulière. "Flushing" provoqué par d'énormes quantités d'eaux sulfureuses. Puissance: 10 m. Anhydrite: Profondeur supérieure à 500 m. Irrégularité des zones à huile au milieu d'importants niveaux à eaux sulfureuses (pas de production commerciale). Exceptionnellement: Production dans les calcaires marneux fracturés du Domérien supérieur.	Toarcien: calcaires diaclasés et grès marneux. Profondeur: 120 à 450 m, généralement inférieure à 300 m. Porosité irrégulière. Puissance: 2 à 8 m. Domérien massif: Profondeur: 700 à 1 150 m. a). Quand la fracturation est faible seuls produisent 12 m de calcaires oolithiques au toit de la série. En raison de sa faible perméabilité cette formation n'a pas été mise en production avant 1955. b). Quand la fracturation est forte, la totalité du Domérien massif (jusqu'au plan d'eau) constitue un réservoir (épaisseur 40 m à BD 130) Exceptionnellement: Production dans les calcaires gréseux de l'Aalénien-Bajocien.
Superficies productives (en ha)	Toarcien: 35 Domérien: 5	Toarcien: 115 Domérien: développement en cours.
Sondes d'exploitation forées	80	112
Sondes ayant produit, au total plus de 100 t:	22 (Toarcien) 6 (Domérien)	38 (Toarcien) 1 (Domérien)
Quantités extraites (au 31-12-1955)	19 765 t	21 610 t (Toarcien) 237 t (Domérien)
Réserves	Gisement pratiquement épuisé (en ce qui concerne le Toarcien et le Domérien).	Les quantités extraites ne représentent qu'une part des réserves initiales (en ce qui concerne le Toarcien). Le développement est en cours pour le Domérien.

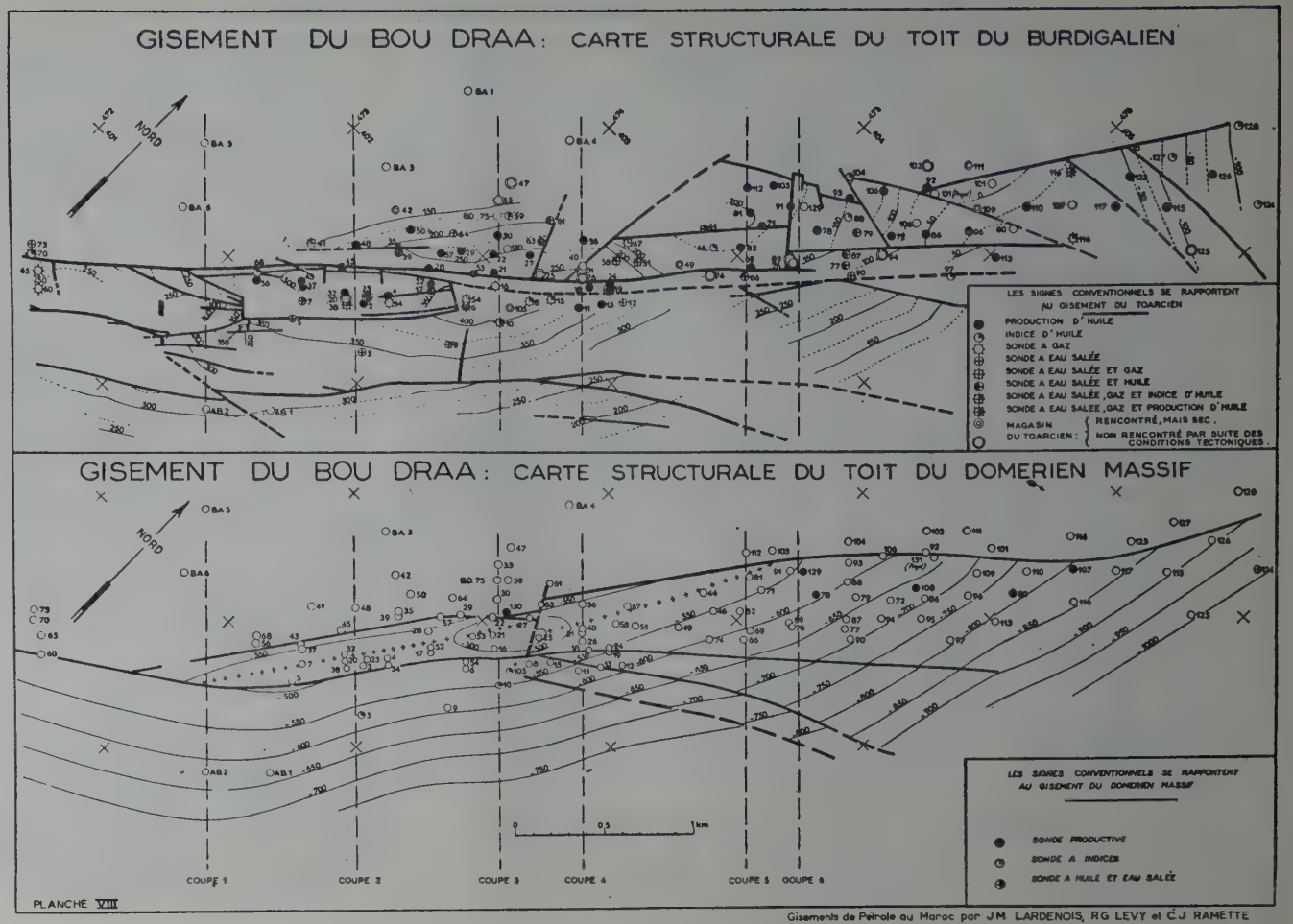


Planche VIII.—Gisement du Bou Draa — Cartes structurales du toit du Burdigalien et du toit du Domérien massif.

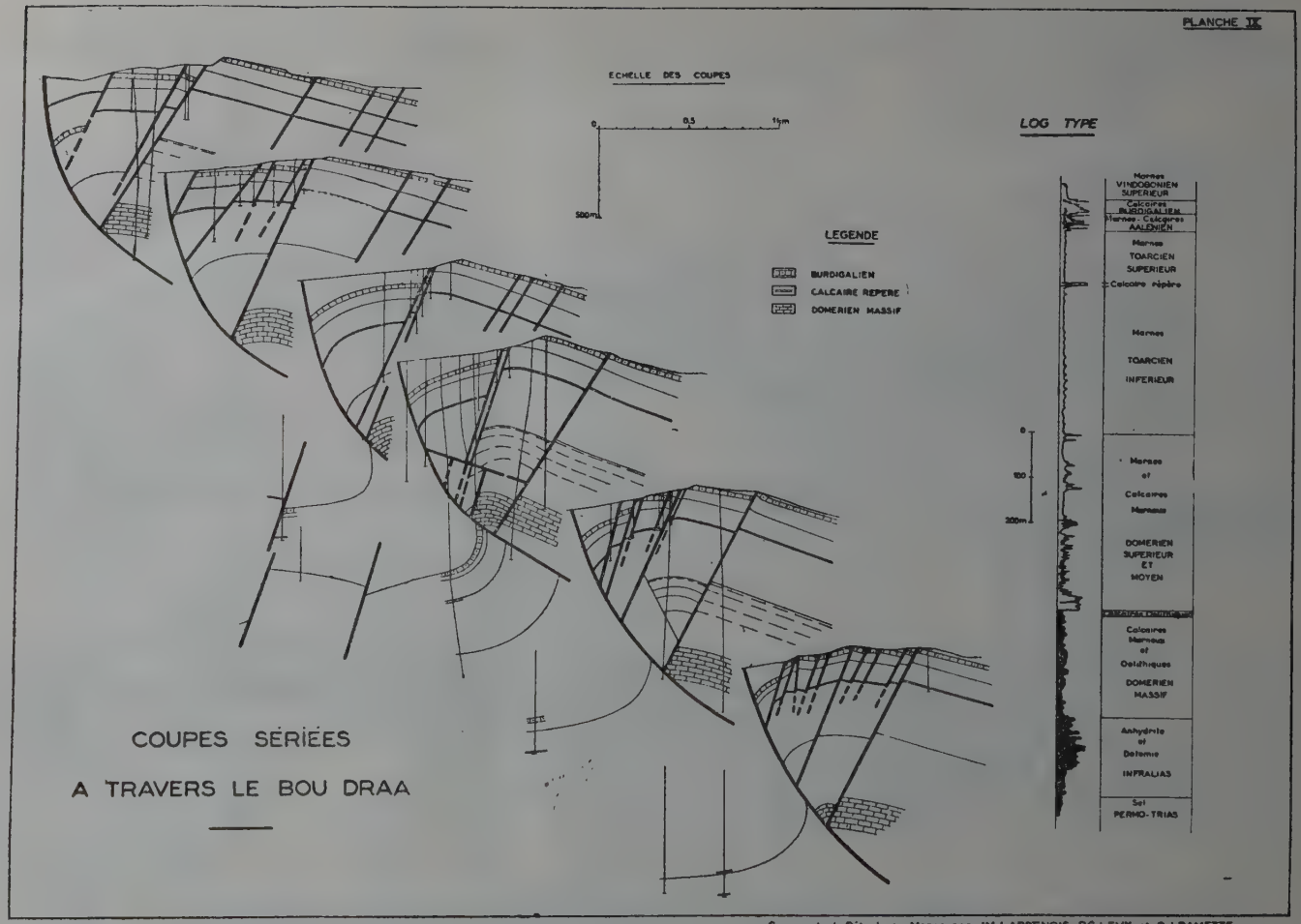


Planche IX.—Gisement du Bou Draa — Coupes Seriées, "log type".

d'accidents allongés W-SW ou SW qui borde un élément du socle paléozoïque issu de la Meseta hercynienne. Quelques uns de ces accidents ont joué dès le Permo-Trias et semblent avoir correspondu, pendant toute la durée des temps jurassiques, à une ligne de rivage déterminant des variations stratigraphiques rapides.

Les gisements appartiennent a deux types:

a) —*gisements dans le socle paléozoïque ou granitique*, sous-jacent aux marnes miocènes, dans lesquels le pétrole, poussé par d'importantes quantités d'eau salée, est venu s'emmagasiner dans certains compartiments privilégiés de la bordure de cet avant-pays, immédiatement au voisinage de la marge externe du Bassin triasique et jurassique.

La nature du réservoir (soit une série redressée et fracturée de roches métamorphiques paléozoïques, composée essentiellement de grès et de schistes chloriteux, soit du granite altéré) limite malheureusement les réserves de ces champs (porosité de l'ordre de 1 à 2% provenant uniquement de fractures) bien que les volumes imprégnés soient relativement importants.

Dans l'ordre chronologique de leur découverte, ces champs, qui s'alignent suivant un "trend" d'une vingtaine de kilomètres de long, sont les suivantes: Bâton (1947); Tisserand (1948); Oued Mellah (1948); Sidi Fili inférieur (1950); Mers el Kharez (1951); Bled Eddoum inférieur (1952); Bled Defaa (1952); Bled Khatara inférieur (1954); Zrar inférieur (1955).

Ces giseménts sont décrits dans leur ensemble par le tableau V et les planches X et XI.

b). —*gisements dans les formations liasiques et infraliasiques de la bordure même du bassin secondaire*. Le pétrole s'y trouve emmagasiné dans les grès arkosiques et les conglomérats, fortement pentés et coupés en biseau par l'érosion anté-miocène, qui, au voisinage du rivage, ont envahi les formations bordières du bassin. Ce type de gisement est localisé dans une portion de la bordure du Bassin séparée de l'Avant-pays primaire ou granitique par un accident de direction atlasique W-SW (accident de Sidi Fili) grâce auquel les strates jurassiques chevauchent localement le socle et sa couverte miocène. Cette disposition explique que certaines sondes peuvent produire à la fois dans le Secondaire et dans le Paléozoïque.

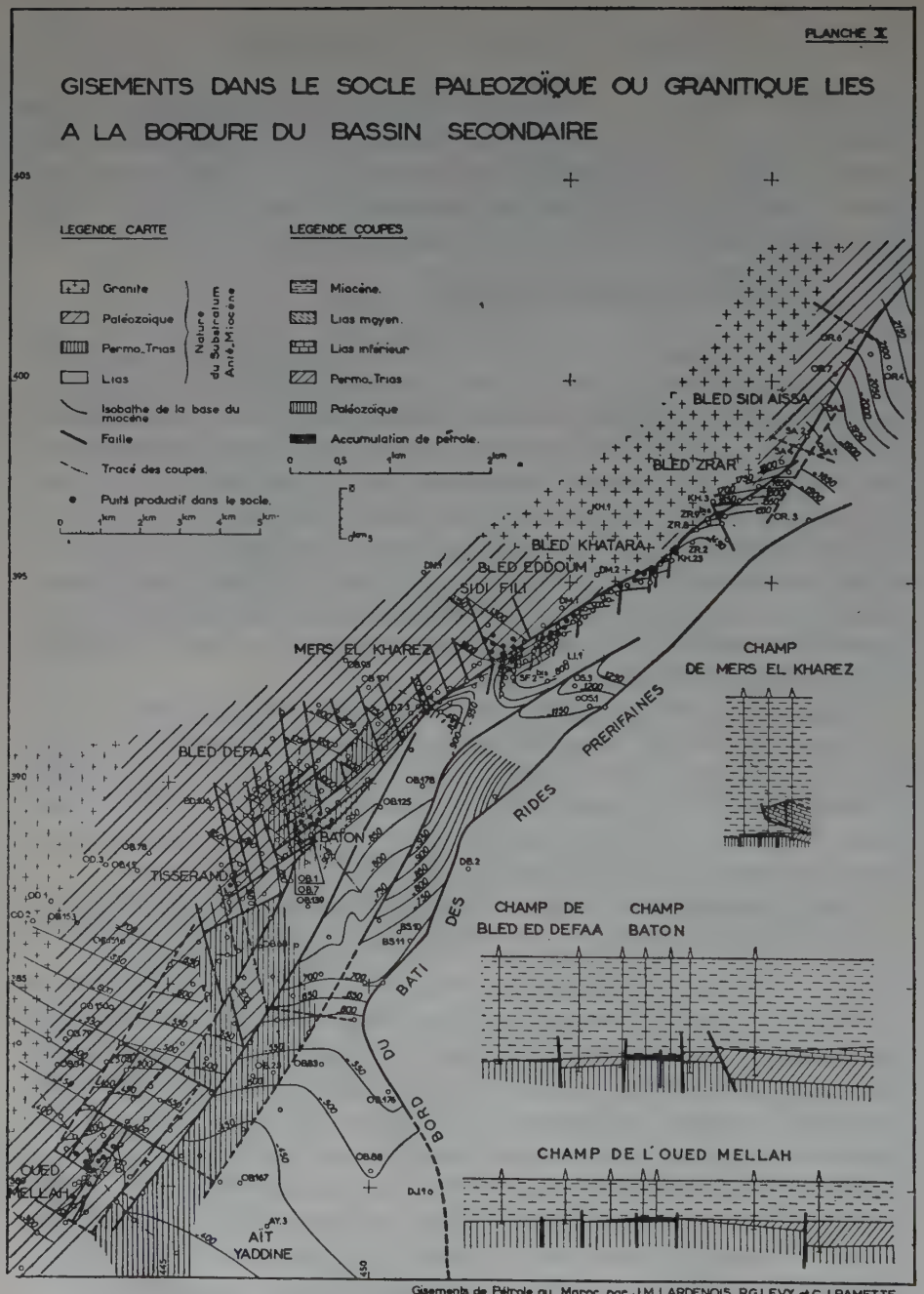


Planche X.—Gisement dans le socle paléozoïque ou granitique liés à la bordure du Bassin secondaire.

Tableau V

GISEMENTS DANS LE SOCLE PALEOZOIQUE OU GRANITIQUE LIES A LA BORDURE DU BASSIN SECONDAIRE

	CHAMP DE L'OUED MELLAH (OB)	CHAMP TISSERAND (OB)	CHAMP BATON (OB)	CHAMP LE BLED DEFAA (OB)	CHAMP DE MERS EL KHAREZ (KZ)	CHAMP DE SIDI FILI (SF)	CHAMP DE BLED EDDOUM INFERIEUR (DM)	CHAMP DE BLED KHATARA INFERIEUR (KH)	CHAMP DE ZRAR INFERIEUR (ZR)
Forme structurale	Léger bombement du substratum paléozoïque compartimenté par des failles de faible rejet.	Panneau du substratum paléozoïque, limité par des failles vers le NW et l'W et plongeant vers l'E avec une pente moyenne de 2 à 3%.	Elément du substratum paléozoïque, constituant une sorte de "horst", encadré par des failles au N, à l'W, au S et plongeant vers l'E avec une pente moyenne de 4 à 5%.	Elément du substratum paléozoïque constituant un "horst" limité à l'W, par la grande faille du panneau Bâton et plongeant vers le NE avec une pente de 4 à 5%.	Elément du substratum paléozoïque appartenant à la bordure de l'avant-pays primaire, au contact du Bassin secondaire. Fermé vers le S-SE par une faille inverse coïncidante avec la limite du Bassin secondaire, vers l'W par une faille affectant le socle primaire, le panneau plonge vers l'E-NE avec une pente de 4 à 5%.	Elément du substratum paléozoïque appartenant à la bordure de l'avant-pays primaire, au contact du Bassin secondaire. Fermé vers le SE par une faille inverse, coïncidant avec la limite du Bassin secondaire, vers l'W-SW par une faille affectant le socle primaire, le panneau plonge vers l'E-NE avec une pente de 6 à 7%.	Comprend 2 parties: a)—un monoclinal à pente douce analogue à Sidi Fili inférieur b)—un "horst" engagé sous le Secondaire chevauchant.	Elément du substratum paléozoïque ou granitique appartenant à la bordure de l'avant-pays. Comprend 2 compartiments à plan d'eau différent (a et b): a)—"horst" engagé sous le Secondaire chevauchant: b)—élément très redressé au contact du chevauchement.	Elément du socle granitique appartenant à la bordure de l'avant-pays primaire au contact du Bassin secondaire. Fermé vers le SE par une faille inverse, coïncidant avec la limite du Bassin secondaire, vers l'W-SW par une faille affectant le socle, le panneau plonge vers l'E-NE avec une pente de 15%.
Nature des fermetures	Couverture constituée par les marnes plus ou moins mollassiques du Miocène, localement par les formations continentales attribuées à l'Aquitanien (?).	Couverture et fermetures latérales constituées par les marnes plus ou moins mollassiques du Miocène.	Couverture constituée par les marnes plus ou moins mollassiques du Miocène. Fermetures latérales, au delà des failles délimitant le "horst" paléozoïque, par certains éléments du Permo-Trias et de l'Infralias.	Couverture constituée par les marnes du Miocène. Fermeture latérale vers le SE par des éléments permo-triasiques, vers l'W par le Miocène (faille).	Couverture constituée par les marnes plus ou moins mollassiques du Miocène. Fermetures latérales au delà des failles délimitant le compartiment: par le Miocène vers l'W-SW, par des éléments mésozoïques vers le S-SE.	Couverture constituée par les marnes plus ou moins mollassiques du Miocène. Fermetures latérales au delà des failles délimitant le compartiment: par le Miocène vers l'W-SW, par des éléments mésozoïques vers le SE.	Couverture constituée par les marnes du Miocène. Fermeture latérale vers le SE par des éléments mésozoïques.	Couverture constituée par les marnes du Miocène. Fermeture latérale vers le SE par des éléments mésozoïques.	Couverture constituée par les marnes du Miocène. Fermetures latérales: au delà des failles délimitant le compartiment par le Miocène vers l'W-SW, par des éléments mésozoïques vers le SE.
Formations productives	Paléozoïque: "complexe fracturé, fissuré-caverneux" comprenant: des grès chloriteux, siliceux, à tendance schisteuse ou quartziteuse, des schistes chloriteux fins. Porosité de la matrice nulle. Porosité effective de l'ensemble: actuellement inconnue, mais le l'ordre de 1 à 2%. Perméabilité effective de l'ensemble: actuellement inconnue, mais élevée.							a)—production dans le granite fissuré et fracturé, porosité de l'ordre de 8%; b)—production dans le granite et le Paléozoïque.	Production dans le granite fissuré et fracturé, porosité de l'ordre de 8%.
	Profondeur moyenne: 575-600 m. Epaisseur maximum imprégnée: 35 m. Exceptionnellement (1 sonde): grès calcaires constituant la base transgressive du Miocène de couverture sous son faciès burdigalien Porosité comprise entre 10 et 20%. Perméabilité faible et irrégulière (6 à 1 m. D). Epaisseur: 10 m.	Profondeur moyenne: 900 m. Epaisseur maximum imprégnée: 10 m.	Profondeur moyenne: 1 000 m. Epaisseur maximum imprégnée: 80 m. Exceptionnellement (1 sonde): grès calcaires constituant la base transgressive du Miocène de couverture sous son faciès burdigalien. Porosité comprise entre 12 et 18% Perméabilité faible et irrégulière (5 à 1 m. D). Epaisseur: 8 m.	Profondeur moyenne: 1 070 m. Epaisseur maximum imprégnée: 55 m.	Profondeur moyenne: 1 350 m. Epaisseur maximum imprégnée: 40 m. Exceptionnellement (1 sonde): brèche polygénique à éléments de paléozoïque et ciment dolomitique. Caractéristiques du réservoir, identiques à celles du Paléozoïque.	Profondeur moyenne: 1 400 m Epaisseur maximum imprégnée: 80 m.	Profondeur moyenne: 1 400 m. Epaisseur maximum imprégnée: a) 55 m b) 150 m	Profondeur moyenne: 1 580 m. Epaisseur maximum imprégnée: a) 63 m b) 75 m	Profondeur moyenne: 1 700 m. Epaisseur maximum imprégnée: 70 m.
Surfaces productives (en ha)	104	5	62	52	30	120	a) 24 b) 15,5 } 39,5	a) 4 b) 3 } 7	7
Date de découverte	Novembre 1948	Avril 1948	Octobre 1947	Juillet 1952	Mai 1951	Novembre 1950	Novembre 1952	Septembre 1954	Mars 1955
Puits productifs	16	3	13	3	6	17	7	4	1
Production journalière actuelle Production mensuelle maximum	13,6 m³. 1 020 t (1 150 m³) en juin 1951.	0 167 t (195 m³) en février 1949.	12,1 m³. 2 584 t (3 000 m³) en mai 1950	4,7 m³. 520 t (621 m³) en mars 1954.	17 m³. 2 546 t (3 030 m³) en décembre 1952.	24 m³. 6 011 t (7 160 m³) en avril 1952.	70 m³. 2 145 t (2 560 m³) en juin 1953.	34 m³. 945 t (1 145 m³) en décembre 1954.	12 m³. 918 t (1 100 m³) en mai 1955.
Production cumulée au 31-12-1955	47 470 t (53 600 m³).	1 374 t (1 600 m³).	112 700 t (132 500 m³).	7 235 t (8 500 m³).	68 241 t (81 200 m³).	124 700 t (148 500 m³).	59 464 t (70 000 m³).	9 714 t (11 800 m³).	5 287 t (6 250 m³).
Caractéristiques de l'huile: nature densité viscosité Engler	Base paraffinique. 0,882 0,902 15° C (29 -25° API)	Bases paraffinique. 0,861 à 15° C (33° API). 3,48 à 6,68 à 25° C.	Base paraffinique. 0,857 à 15° C (34° API). 4,3 à 25° C.	Base paraffinique. 0,847 à 15° C (35° API). 2,5 à 25° C.	Base paraffinique. 0,850 à 15° C (35° API). 2 à 25° C.	Base paraffinique. 0,842 à 15° C (36,5° API). 2 à 25° C.	Base paraffinique. 0,834 à 15° C (38° API). 1,7 à 25°C.	Base paraffinique. 0,822 à 15° C (40,5° API). 1,5 à 25° C.	Base paraffinique. 0,851 à 15° C (34,5° API). 2,9 à 25° C.
Salure moyenne des eaux de gisement (en g de NaCl par l)	11 à 29 à 25° C. 3-5	15,5	15,5	15	15,5	17-18	17-18	80 (à KH 20, dans b)	76
Régime de production	Eruptif par "water-drive" intégral — Pas de "gaz-cap"								
Caractéristiques des puits	Pression statique: 59,1 kg/cm². (OB 99. Profondeur —372 m). Production par orifice de 1,5 à 3 mm = 0,1 à 3 m³/jour.	Zone aberrante en raison des importantes quantités d'eaux salées venant avec le brut (OB 53 et 57) ou des très faibles débits observés (OB 50).	Pression statique: 114,5 kg/cm². (OB 7. Profondeur —964 m). Production par orifice de 0,8 à 2 mm = 0,1 à 4 m³/jour.	Pression statique: 118 kg/cm². (OB 190. Profondeur —990 m). Production par orifice de 0,8 à 1,7 mm = 0,1 à 4,4 m³/jour.	Pression statique: 144 kg/cm². (KZ 4. Profondeur —1 220 m). Production par orifice de 0,8 à 1,5 mm = 0,5 à 9 m³/jour.	Pression statique: 147 kg/cm². (SF 4. Profondeur —1 252 m). Production par orifice de 0,8 à 2 mm = 0,5 à 8 m³/jour.	Pression statique: 147 kg/cm². (DM 18. Profondeur —1 252 m). Production par orifice de 1,3 à 2,5 mm = 1 à 28 m³/jour.	Pression statique: a) 151,3 kg/cm² (KH 19. Profondeur —1 381 m) et b) 165,9 kg/cm² (KH 27. Profondeur —1 434 m). Production par orifice de 1,5 à 2 mm = 2,5 à 17 m³/jour.	Pression statique: 180 kg/cm². (ZR 6. Profondeur —1 590 m). Production par orifice de 1,5 mm = 12 m³/jour.
Réserves initiales	Volume imprégné reconnu: de l'ordre de 18 400 000 m³. Réserves estimées: 73 000 t (82 000 m³).	Volume imprégné reconnu: de l'ordre de 500 000 m³. Réserves estimées: 1 374 t. (1 600 m³). Gisement actuellement épuisé.	Volume imprégné reconnu: de l'ordre de 17 000 000 m³. Réserves estimées: 121 000 t (142 000 m³).	Volume imprégné reconnu: 4 900 000 m³. Réserves estimées: 20 000 t. (23 400 m³).	Volume imprégné reconnu: 6 500 000 m³. Réserves estimées: 74 000 t (88 000 m³).	Volume imprégné reconnu: 38 000 000 m³. Réserves estimées: 140 000 t (166 000 m³).	Volume imprégnée reconnu: 15 500 000 m³. a) 4 500 000 m³ b) 11 000 000 m³ Réserves estimées: 166 000 t. (198 000 m³).	Volume imprégné reconnu: 2 250 000 m³. a) 1 500 000 m³ b) 750 000 m³ Réserves non déterminées.	Volume imprégné reconnu: 1 600 000 m³. Réserves non déterminées.

Pl

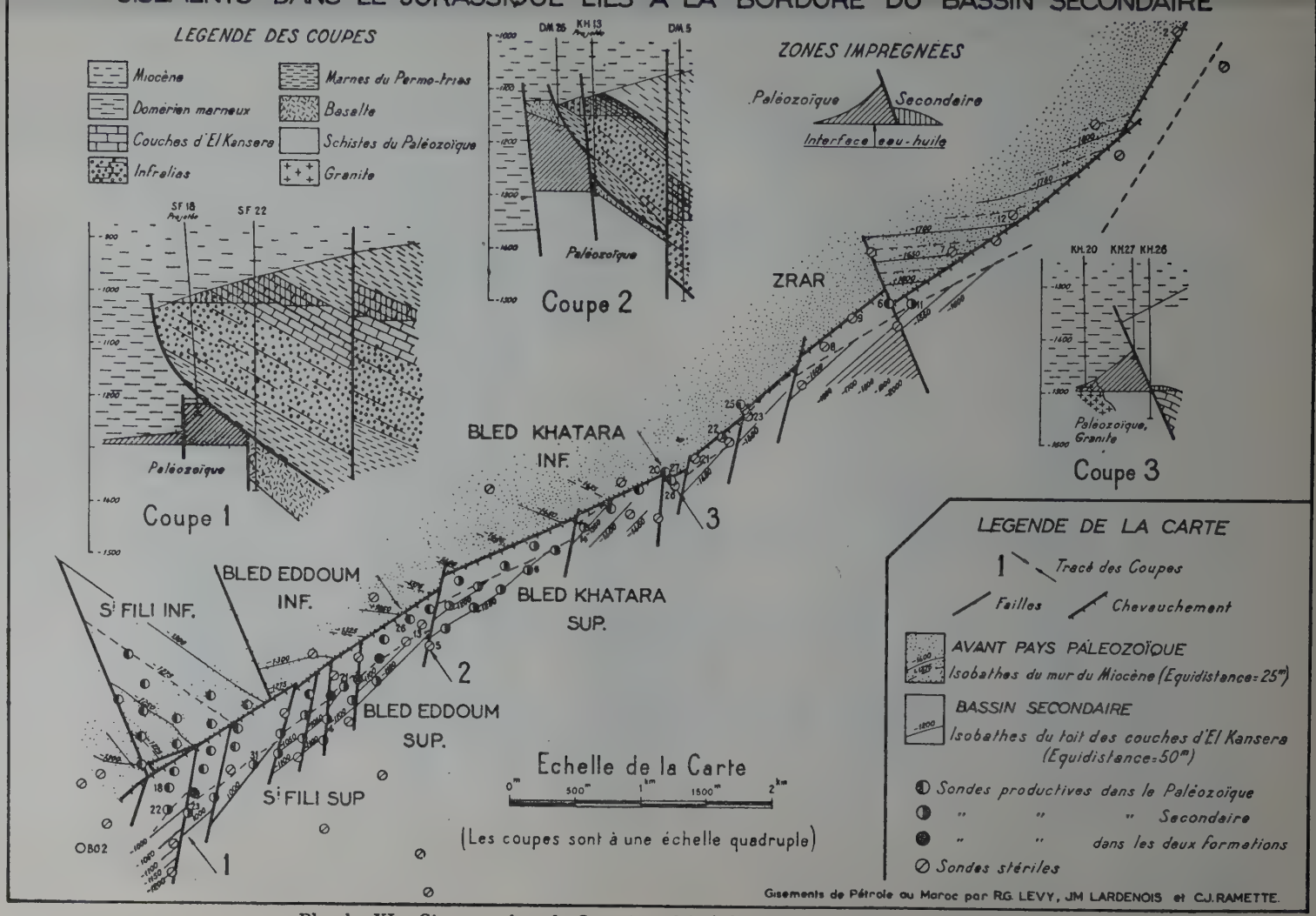


Planche XI.—Gisement dans le Jurassique liés à la bordure du Bassin secondaire.

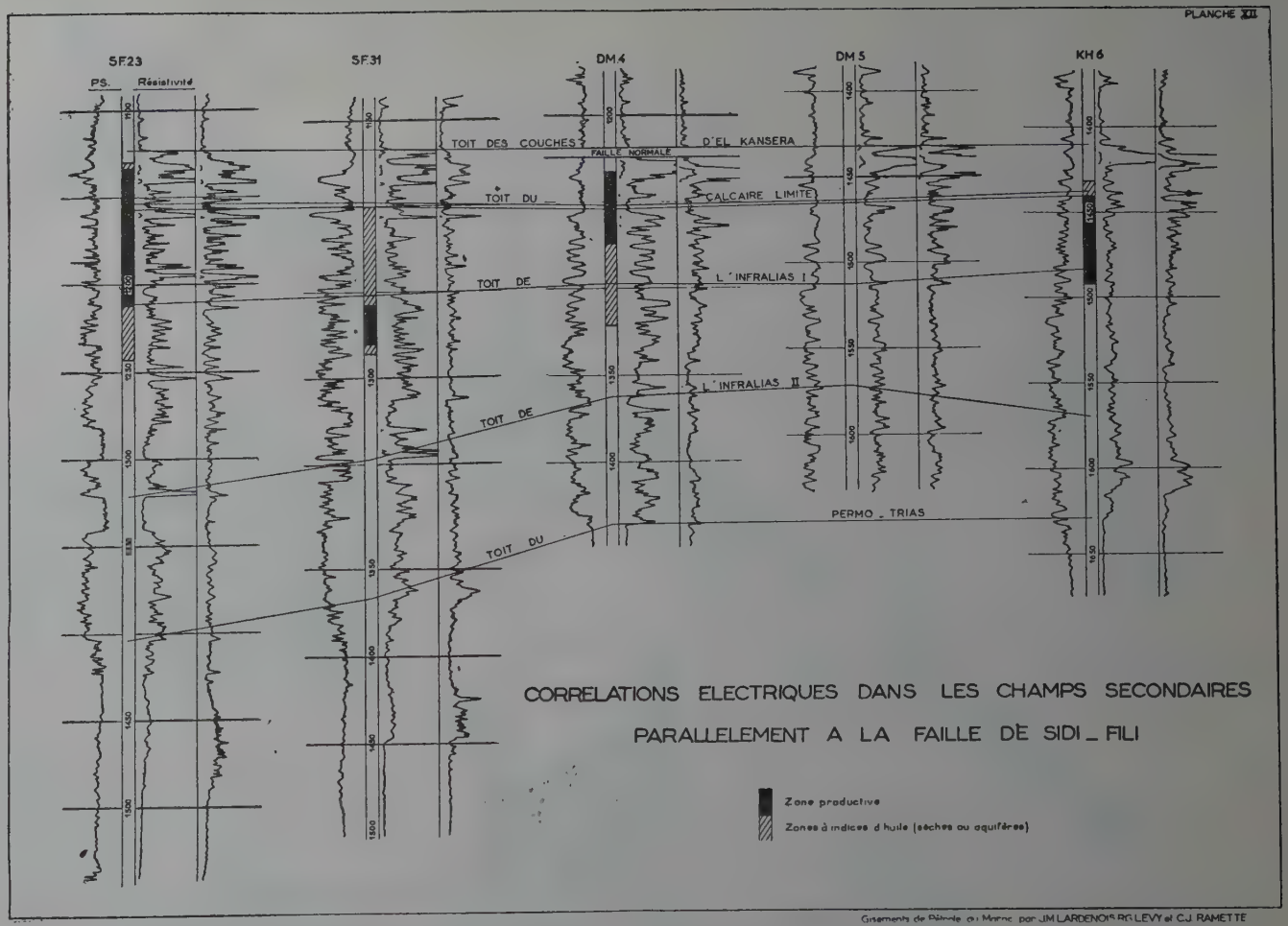


Planche XII.—Corrélations électriques dans les champs secondaire parallèlement à la faille de Sidi Fili.

TABLEAU VI

GISEMENTS DANS LE JURASSIQUE LIES A LA BORDURE DU BASSINSECONDAIRE

	CHAMP DE SIDI FILI SUPERIEUR	CHAMP LE BLED EDDOUM SUPERIEUR	CHAMP LE BLED KHATARA SUPERIEUR
Forme structurale	Biseau des couches du Pliensbachien-Lotharingien (couches d'El Kansera) et de l'Infralias sous la discordance miocène. Angle de discordance 45°.		
Nature des fermetures	Couverture assurée par les marnes du Miocène. Fermetures latérales: vers le N-NW: marnes du Miocène au delà de la faille de Sidi Fili. Vers le S-SE: marnes de la partie supérieure du Lotharingien-Pliensbachien (El Kansera supérieur) ou par divers niveaux marneux ou dolomitiques des couches d'El Kansera et de l'Infralias. Fermetures vers l'W-SW et l'E-NE: assurées par des failles normales qui créent de nombreux compartiments.		
Formations productives	El Kansera et Infralias: Exceptionnellement calcaires du toit de la série. Généralement grès arkosiques et conglomérats d'une porosité moyenne de 20% et d'une perméabilité de l'ordre du darcy. Des arrêts marneux subdivisent l'ensemble du réservoir en plusieurs zones productives.		
	Profondeur moyenne: 1 200 m Epaisseur maximum imprégnée: 90 m	Profondeur moyenne: 1 300 m. Epaisseur maximum imprégnée: 120 m.	Profondeur moyenne: 1 425 m. Epaisseur maximum imprégnée: 120 m.
Surfaces productives (en ha)	39	35	43
Date de découverte	Mars 1952	Avril 1952	Juillet 1953
Puits productifs	6	9	11
Production journalière actuelle Production mensuelle maximum Production cumulée au 31-12-1955	22,6 m^3 d'huile (avec 90 m^3 d'eau salée). 1 080 t (1 310 m^3) en mai 1954. 22 650 t (27 350 m^3).	44,3 m^3 d'huile (avec 21 m^3 d'eau salée). 2 124 t (2 570 m^3) en mai 1954. 50 413 t (60 890 m^3).	56 m^3 d'huile (avec 6 m^3 d'eau salée). 2 990 t (3 600 m^3) en août 1954. 55 425 t (63 500 m^3).
Caractéristiques de l'huile { nature densité viscosité Engler	Base paraffinique. 0,829 (39,5° API) à 15° C. 1,6 à 25° C.	Base paraffinique. 0,829 (39,5° API) à 15° C. 1,6 à 25° C.	Base paraffinique. 0,829 (39,5° API) à 15° C. 1,6 à 25° C.
Salure moyenne des eaux de gisement (en g de NaCl par l)	34 à 47 suivant les réservoirs (?).	49	49, sauf KH 14 = 61.
Régime de production	Pompage (5) et éruption (1).	Pompage.	Pompage.
Caractéristiques des puits	Pression statique initiale: 109 kg/cm^2 (SF 20. Profondeur: —1 031 m). Débit par sonde: 0,7 à 8 m^3/jour.	Pression statique initiale: 118,3 kg/cm^2 (DM 14. Profondeur: —1 105 m). Débit par sonde: 0,9 à 15 m^3/jour.	Pression statique initiale: 149 kg/cm^2 (KH 6. Profondeur: —1 330 m). Débit par sonde: 0,6 à 19 m^3/jour.
Réserves initiales récupérables	174 000 t (210 000 m^3).	518 000 t (626 000 m^3).	623 000 t (750 000 m^3).

Le régime de production est également le "water drive", mais il est beaucoup moins énergique que dans les gisements fracturés du socle.

Toujours dans l'ordre chronologique de la découverte, ces champs sont les suivants: Sidi Fili supérieur (1952); Bled Eddoum supérieur (1952); Bled Khatara supérieur (1953); Zrar supérieur (1955).

Les trois premiers gisements sont décrits dans le tableau VI et les planches XI et XII.

BIBLIOGRAPHIE

On trouvera à la fin du chapitre "Pétrole" par R. G. Levy dans "Géologie des gîtes minéraux marocains, Monographies régionales, 3ème série, Maroc, Nº 1", publication du XIXº Congrès Géologique International, Alger 1952, une liste bibliographique des publications antérieures à 1952. Nous nous bornerons à compléter cette liste:

C. Aynard, M. Arnaud, *Société chérifienne des pétroles*, "Etudes par sondages électriques du Bassin miocène du Nord du Rharb", 1952.

C. Aynard, Lepetit, *Société chérifienne des pétroles*, "Etude sismique du front de la Nappe prérifaine", 1952.

C. Aynard, Vallet, *Société chérifienne des pétroles*, "Etude sismique du Bassin jurassique de Petitjean", 1952.

Compte-rendus de la 19ème Session du Congrès Géologique International, Fascicule IX, Alger.

W. Bruderer, R. G. Levy, "Considérations sur la Nappe prérifaine" d'après les travaux de la Société Chérifienne des Pétroles. Compte-rendus de la 19è Session du Congrès Géologique International, Fascicule XXI, Alger, 1952.

J. Lardenois, "Le gisement de pétrole de la région de l'Oued Beth, de Mers el Kharez et de Sidi Fili". Publié par la Société Chérifienne des Pétroles à l'occasion de la 19ème Session du Congrès Géologique International, 1952.

R. G. Levy, "Comparaison entre certains gisements d'hydrocarbures de l'Italie du Nord et du Rharb marocain". Atti del settimo convegno nazionale del Metano e del Petrolio, Volume I, Taormina, 1952.

M. Rey, "Comparaison des microfaunes du Nummulitique nordmarocain et du Nummulitique du golfe du Mexique et de la mer des Caraïbes", Compte-rendus de la 19ème Session du Congrès Géologique International, Fascicule XIX, Alger, 1952.

Service des Mines, Rabat, 1952.

—cartes géologiques et notices explicatives de la Société Chérifienne des Pétroles: Souk el Arba du Rharb, Ouezzane, Rabat, Sidi Yahia du Rharb, Petitjean, Fès Ouest, Khemisset, Meknès, El Hajeb. Echelle 1/100.000.

—Carte géologique de la Société Chérifienne des Pétroles: Rharb et Prérif occidental. Echelle 1/200.000.

Société Chérifienne des Pétroles. "Découverte de pétrole dans la marge externe du Bassin secondaire du Prérif". Compte-rendus de la 19ème Session du Congrès Géologique International, Fascicule XIV, Alger, 1952.

W. Bruderer, "French North Africa", dans The Science of Petroleum, Vol. VI, Part I: The worlds oil fields, 1953. Editor V. C. Illing, Oxford University Press.

Eby J. Brian, "Morocco: a Country on the Threshold of Creater Wealth". World Oil, February, 1953, pp. 235-238.

R. G. Levy, "Evolution des hypothèses, des problèmes, de l'emploi des techniques au cours de l'exploration. Un exemple marocain". Compte-rendus du Congrès National du Pétrole Français. Association Française des Techniciens du Pétrole (Groupe Sud-Ouest). Toulouse, 1953.

M. Moyal, "French Morocco look toward self sufficiency". Oil and Gas Journal (Dec. 28-1953), pp. 92-93.

M. Dardenne, "Paléontologie et écologie du Miocène marocain (région du Zegotta)" dans "Notes du Service Géologique du Maroc". Tome IX, Rabat, 1954.

Hollis, D. Hedberg, "Developments in foreign petroleum field, Africa", In The Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. Vol. 37, 38, 39, 40 nº 7, July 1953, 1954, 1955, 1956.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

UGANDA

OIL IN UGANDA

By N. Harris, J. W. Pallister
and J. M. Brown.

SUMMARY

Some oil and gas manifestations are associated with Plio-Pleistocene sediments in the Uganda section of the Western Rift Depression of East Africa. Intermittent investigations have been carried on since 1920 by field mapping, gravity surveys and drilling. No economic supply of oil or gas has so far been encountered.

INTRODUCTION, GEOGRAPHICAL DESCRIPTION

Most of Uganda is formed of crystalline Pre-Cambrian or early Palaeozoic rocks and offers no possibility of petroliferous beds. In western Uganda, however, there is a variable thickness of Tertiary to Recent lacustrine beds which locally display emanations of gas and oil; these young sediments are essentially contained within the Western Rift Depression. This major structural feature traverses East Africa from Nyasaland through western Tanganyika, Ruanda Urundi and dies out in northwestern Uganda. Within Uganda, this major fault-trough is composite in character, consisting of three units. In the southwest it is marked by considerable volcanic activity (the Virunga Volcanic Field) and contains Lakes Edward and George, along the shores of which are lacustrine and thin pyroclastic sediments which have not so far yielded any indications of petroleum. A major graben extends from the western side of the Ruwenzori Massif to the neighbourhood of Latitude 2° 30′ north, and includes Lake Albert fringed by flats of varying extent underlain by young sediments. Within this Albert Rift Depression are two areas which have received particular attention owing to manifestations of oil (see accompanying map). The third unit of the Western Rift in Uganda is formed by what is principally a

down-warp, locally faulted, in which is the course of the Nile below Lake Albert, and containing lacustrine and fluviatile sediments of less importance than those elsewhere.

GEOLOGICAL DESCRIPTION

Wayland (1925) described two main divisions within the young sediments, namely, the older *Kisegi Beds*, mainly argillaceous sandstones with some shale, seen resting unconformably on crystalline basement at the northern termination of Ruwenzori; and *Kaiso Beds*, "grey to drab clays of waxy appearance", with much sandy material, some pebble beds and a bone-bed which dated this part of the series as middle Pleistocene. Some overlying gravels were later termed Epi-Kaiso Beds. Wayland suggested a Miocene age for the Kisegi Beds, though with little supporting evidence. Later mapping by Pargeter (1949) and Waldron (1951) in the type areas, and drilling operations in the Butiaba-Kibiro and Kibuku neighbourhoods have amplified Wayland's general descriptions, but it has been found impossible to recognise any substantial break between the Kisegi and Kaiso Beds. Surface outcrops away from the faulted margins of the graben are scanty, but considerable information on lithology has been obtained. In the Kibuku area, where a maximum depth of 1,960 feet was reached by drilling, the upper 1,700 feet were found to be dominantly variable and lenticular sandy clays in part calcareous, with fine local pyritic shale bands and lignitic streaks, passing down into more sandy beds and sandstones (Harris, 1950). A few unidentified ostracods were recovered (Waldron), and the only other fossil remains noted were occasional fish spines and unidentified shell fragments, probably *Ostrea* sp. From geophysical evidence it seems there are at least 6,000 feet of young sediments in this part of the trough.

Further north between Butiaba and Kibiro, drilling operations revealed a thickness of 4,008 feet of sediments. These may be summarised from the work of Penny (1940) as follows:

Sandy clays		70 feet
"Big Sand",	predominantly sand with clay intercalations	170 feet
Kaiso Beds,	coarse sands and gravels passing down into grey-green clays and shale	1,480 feet

Kisegi Beds,	alternations of sand and clay with oil-shales in lower part	1,600 feet
? Miocene,	blue-green shales and oil-shales; basal conglomerate	680 feet

Adequate correlation could not be obtained between the deep holes; those near Kibiro showed a development of more sandy beds than in the north, and oil-shales were not encountered. The whole series, as elsewhere, varies laterally and exhibits no adequate marker horizons.

Work by Lepersonne (1949) and De Heinzelin (1955) on the western side of the trough, in Belgian Congo, is largely in accordance with these observations, although Lepersonne considers that there is no strict equivalent of the Kisegi Beds on the western side and proposes that the group may be a lateral variant of the Kaiso Beds. He also describes a group of gravels, sands and clays overlying the Kaiso Beds which is termed the *Semliki Series*. Of considerable interest is the fact that lacustrine beds of Miocene age are well authenticated (Hopwood, 1953).

There is a striking absence of any marked folding in the young sediments, although Lepersonne records folding in Kaiso Beds in Belgian Congo. Dips of 10° or over are recorded in Uganda, but have been considered due to deposition or to tilting associated with adjoining faults. Structure contours drawn on sands encountered in shallow boreholes in the Butiaba-Kibiro area probably represent lenticularity rather than folding, and closed structures must be considered as limited to stratigraphical traps or fault-traps.

Faulting is of two main types: those major faults which delimit the Rift with total throw of thousands of feet; and relatively minor faults which parallel the Rift boundaries or run oblique to the major fault zones. A considerable literature has accumulated around the subject of the boundary faults of this part of the Western Rift Depression (Davies, 1951). The present evidence points to their being normal faults with inclinations of 60° — 70° towards the centre of the trough and often reproducing lines of old fracture marked by mylonite zones. Step-faulting is found in many places and these major faults are in some cases pre-Kaiso and have been rejuvenated.

Minor faulting within the young sediments is not much in evidence, but is a feature described by Lepersonne, and although faulting of the youngest sediments is rarely seen in Uganda, fault wedges are found in basement rocks and basal (?) Kisegi beds at the terminations of the trough, implying that similar structures probably occur in the floor of the central part of the basin. Such minor faults delimit horsts of crystalline basement within the trough in the upper Semliki Valley.

HISTORY OF PROSPECTING OPERATIONS

An oil seepage near Kibiro on Lake Albert was well known to local Africans before it was examined by Wayland in 1919, then Government Geologist. The seepage consists of coarse sand impregnated with a heavy asphaltic oil for an extent of about 200 feet along the shore of the Lake. Reconnaissance investigations were later described by Wayland (1925). Besides the seepage at Kibiro, traces of oil and gas were reported as occurring on both sides of Lake Albert at fifty-two localities, and an important seepage of kerosene-base oil near Kibuku was described. It should be mentioned, however, that not all these occurrences have later been confirmed.

In 1926 the Anglo-Persian Oil Company (as it was then known) became interested and sent a geologist to examine the area but the Company failed to continue operations after 1928. Subsequently, two applications for prospecting and mining rights for oil from East African interests were made but were not followed up. In 1937, the African and European Investment Company of Johannesburg obtained an exclusive prospecting licence over 1,384 square miles, subsequently extended to include 1,190 square miles over the Lake. Operations were largely limited to drilling. Twenty preliminary boreholes, to an average depth of 360 feet were drilled on the flats near Butiaba, and from structure-contours a site was selected at Waki for a deep test Well B1 was believed to be located on a closed anticlinal structure and drilled to 4,008 feet when it entered basement. A sand containing dry asphaltic oil was met at 3,850 feet, but no oil entered the well. Attention was then directed to the Kibiro area where ten preliminary holes were drilled along about three miles of the lake shore. In holes K4 and K4a, seven beds of oil sands were encountered at depths ranging from 90 to 437 feet; K4a was offset from K4 to test

deeper but encountered basement at 428 feet. An oil and water emulsion was obtained by baling and swabbing and oil obtained at a rate of about five gallons per nine hours of baling. The oil was a heavy (sp. g. 0.90) asphaltic base petroleum.

Two deep test-holes were drilled to explore the main boundary fault at favourable localities and encountered the fault at 2,238 and 855 feet respectively. No indications of oil or gas were obtained in these holes. The Company stopped operations early in 1940. It was assumed that the oil encountered was a distillate of oil-shales.

No interest in the area was evinced during the war years and in 1945 the Geological Survey of Uganda commenced prospecting in the Kibuku area around the northern termination of Ruwenzori, where a promising oil seepage of a light kerosene-base oil occurs. Detailed mapping was carried out by Pargeter from 1946 to mid-1948. His work was extended by Waldron in 1950-51, who re-examined most of the area to the south and south-east of Lake Albert previously visited by Wayland. Meanwhile, drilling operations had begun in mid-1948 with a light portable rig and No. 1 borehole was situated on flats about one mile from the oil seepage. It was abandoned at 1,960 feet without having reached basement or encountering either oil-sands or oil-shales. Three holes were drilled close to the boundary fault to depths of 953, 402 and 1,137 feet respectively, the first two of which encountered the fault and the third reaching basement on the upthrow side of the fault. Slight traces of oil were observed in some of the cores of No. 4, but no free oil was extracted. A fifth hole was drilled in 1950 at about eight miles to the north-east to explore the basin away from the margin, but had to be abandoned at 1,042 feet owing to mechanical difficulties.

At this stage guidance for drilling was sought from geophysical evidence, and a detailed gravity survey was carried out using a North American gravimeter. About 400 stations were observed, most of which were spaced at 1,500 feet on traverses about two miles apart. No anomalies suggestive of local structures were revealed, but a major gravity gradient implied a thickness of as much as 6,000 feet of sediments towards the centre of the lower Semliki region. Seven more holes were drilled to depths of an average of about 700 feet in an attempt to trace possible faults, but in spite of close spacing and continuous coring, no correlation could be established. In the absence of seismic

equipment and a heavy drilling outfit, the Department suspended operations late in 1951.

With a view to extending Bullard's work (1936) on rift valley tectonics, a number of reconnaissance gravity surveys have been carried out at various points on the margins of the Depression from West Nile District in the north, to south of Ruwenzori Mountains (Brown 1951-55).

BIBLIOGRAPHY

This paper is the summarised form of a full account to be issued shortly as a publication of the Geological Survey of Uganda. The following is a list of selected works to which reference is made in this present account.

Bullard, E. C., *Phil. Trans. Roy. Soc. London.* Vol. 235, 1936, pp. 445-531.

Brown, J. M. Unpublished Reports, *Geol. Surv. Uganda*, 1951-55.

Davies, K. A., *Geol. Mag.* Vol. 88, 1951, pp. 377-385.

de Heinzelin, J. Exploration du Parc National Albert, fasc. 1, Bruxelles. 1955.

Harris, N. *Ann. Rept. Geol. Surv. Uganda for 1949*. 1950, pp. 4-6.

— Unpublished Reports, *Geol. Surv. Uganda*. 1949-51.

Hopwood, A. T. and Lepersonne, J., *Ann. Soc. Geol. de Belg*. T. 77, 1953, pp. B.83-113.

Lepersonne, J., *Ann. Soc. Geol. de Belg*. 1949, T. 72, pp. M.1-92.

Pargeter, R. C., *Ann. Rept. Geol. Surv. Uganda for 1948*. 1949, pp. 34-35.

— Unpublished Reports, *Geol. Surv. Uganda*. 1948-50.

Penny, F. W., Unpublished Reports, African and European Investment Co. Ltd. (Uganda Oil Concessions) on files of Geol. Surv. Uganda, 1939-1940.

Waldron, F. R., Unpublished Reports, *Geol. Surv. Uganda*. 1950-52.

Wayland, E. J., Petroleum in Uganda, Mem. No. 1, *Geol. Surv. Uganda*. 1952. (out of print).

ACKNOWLEDGEMENTS:

Grateful acknowledgement is made to the Board of Directors of the African and European Investment Co. Ltd. of Johannesburg for permission to publish the results of their work in Uganda. This paper is published by the permission of the Director, Geological Survey of Uganda.

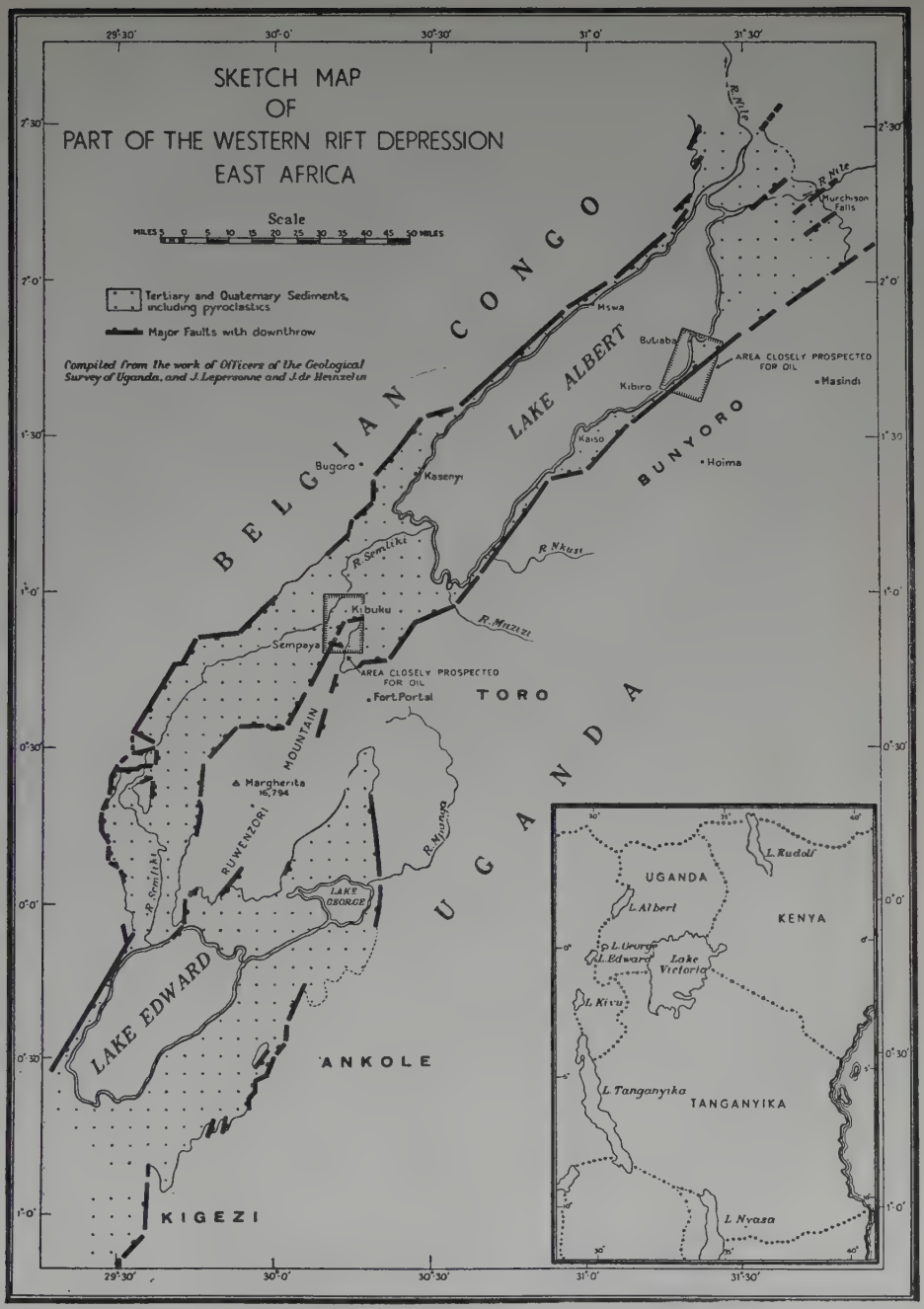


Fig. 1. Sketch Map of Part of Western Rift Depression of East Africa.

INDICE DE AUTORES
DEL TOMO I

	Pág.
Bates, D. A.	79
Brown, J. M.	213
Clift, W. O.	89
Evrard, P.	69
Harris, N.	213
Hourq, V.	45, 113, 151
Kieken, M.	23
Lardenois, J. M.	191
Lepersonne, J.	69
Levy, R. G.	191
Pallister, J. W.	213
Pulfrey, W.	143
Ramette, C. J.	191
Reyre, D.	113
Rilett, M. H. P.	13
Winnock, E.	23

Se terminó la impresión del Tomo I (Africa) del Symposium sobre Petróleo y Gas del XX Congreso Geológico Internacional, en las prensas de la Editorial Stylo, el 20 de agosto de 1956.